

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Погорелов Игорь Анатольевич**

**Уточнение положения устья Забайкальской параметрической скважины на  
основе материалов детальных гравиметрических и магнитометрических  
наблюдений**

Выпускная квалификационная работа

«К ЗАЩИТЕ»

Научный руководитель:  
к.г.-м.н., доц. М.П. Кашкевич

«\_\_»\_\_\_\_\_ 2017

Заведующий кафедрой:  
д.г.-м.н., проф. К. В. Титов

«\_\_»\_\_\_\_\_ 2017

Санкт-Петербург

2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 ПРЕДПОСЫЛКИ ВЫБОРА УЧАСТКА ЗАЛОЖЕНИЯ ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ .....	5
2 ОЧЕРК ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ .....	10
2.1 Физико-географическая характеристика .....	10
2.2 Стратиграфия участка исследований .....	12
2.3 Магматические и метаморфические комплексы .....	15
2.4 Тектоническое положение района исследований .....	19
2.5 Полезные ископаемые и минерагеническое районирование.....	21
2.6 Физические свойства горных пород .....	22
3 ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	24
3.1 Гравиметрическая съемка .....	24
3.1.1 Методика и техника работ .....	24
3.1.2 Результаты работ .....	28
3.2 Сопутствующие топографо-геодезические работы.....	32
3.3 Выбор плотности промежуточного слоя .....	34
3.4 Вычисление поправок за влияние рельефа местности .....	35
3.5 Магнитометрическая съемка .....	37
3.5.1 Методика и техника работ.....	37
3.5.2 Результаты работ .....	40
4 ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	45
4.1 Характеристика потенциальных полей.....	45
4.2 Уточнение положения устья скважины по геолого-геофизическим данным .....	46
4.3 Проектный разрез Забайкальской параметрической скважины.....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	51
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	52
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	54

## **ВВЕДЕНИЕ**

Исследование глубоких горизонтов земной коры на основе создания сети опорных геолого-геофизических профилей и параметрических скважин является одним из наиболее эффективных методов изучения тектонического развития Земли, ее геодинамического режима, связи глубинных процессов и приповерхностных явлений, разработки глубинных критериев прогнозирования полезных ископаемых и в будущем объединения указанных факторов в рамках единой теории процессов образования месторождений (Кашубин, Мильштейн, 2016).

В Забайкальском крае в соответствии с государственным заданием в рамках выполнения работ по объекту «Создание государственной сети опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин на территории Дальневосточного и Сибирского федеральных округов в 2016 году» проведены детальные гравиметрические и магнитометрические наблюдения и геологические маршруты, целевым назначением которых является уточнение геолого-структурной характеристики территории, выявление пликтивно-дизъюнктивных нарушений, скрытых интрузий и других аспектов геологической обстановки района заложения Забайкальской параметрической скважины.

### **Цель выпускной квалификационной работы:**

- Уточнить геологическое строение участка заложения Забайкальской параметрической скважины;
- Рекомендовать место заложения устья скважины.

### **Задачи, решаемые в ходе исследовательской работы:**

- Освоение методик проведения полевых работ, а также аппаратурно-методических комплексов;
- Обработка геофизических данных, полученных в результате полевых исследований;
- Анализ и интерпретация геолого-геофизических данных.

### **Личный вклад:**

- Участие в геофизических исследованиях: гравиметрическая, магнитометрическая и топографическая съемки;
- Обработка данных гравиметрической и магнитометрической съемок, построение карт гравитационного и магнитного полей и их трансформант;
- Интерпретация геолого-геофизических данных.

Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам Гравиметрической партии Центра Глубинной геофизики ФГБУ «ВСЕГЕИ» за предоставленные материалы, помощь и ценные советы при обработке и интерпретации геофизических данных, а также кандидату геолого-минералогических наук, ведущему научному сотруднику ФГБУ «Всероссийского научно-исследовательского геологического института имени А.П. Карпинского» – Руденко Вячеславу Ефимовичу за помощь и ценные советы в изучении геологического строения рассматриваемой территории.

## **1 ПРЕДПОСЫЛКИ ВЫБОРА УЧАСТКА ЗАЛОЖЕНИЯ ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ**

В 2016 году был выполнен комплекс работ по определению места заложения Забайкальской параметрической скважины, который включал анализ обширных геологических и геофизических материалов по территории проложения Забайкальского фрагмента Восточного участка профиля 1-СБ, углубленную переработку сейсмических данных профиля 1-СБ, геологические маршрутные исследования и детальные гравиметрические и магнитометрические съемки на выбранном участке.

Отправным моментом в решении вопроса обоснования места заложения Забайкальской параметрической скважины было рассмотрение материалов по опорному геолого-геофизическому профилю 1-СБ на рабочем совещании «Обоснование района заложения Забайкальской параметрической скважины глубиной 4000 м на восточном участке опорного геолого-геофизического профиля 1-СБ (Забайкальский отрезок, 800 км), проведенном во ВСЕГЕИ 12 ноября 2015 года по поручению Роснедра в рамках ежегодного совещания «Состояние работ по созданию государственной сети опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин (на 01.10.2015)».

На совещании специалистами, непосредственно выполнявшими работы на Забайкальском фрагменте опорного геолого-геофизического профиля 1-СБ (АО «СНИИГГиМС», Филиал «Спецгеофизика» ОАО «ВНИИГеофизика», Институт НГГиГ СО РАН; ФГБУ «ВСЕГЕИ», ЗАО НПП «ВИРГ-Рудгеофизика»), геологами, выполнявшими систематизацию и анализ геолого-фактографических материалов глубокого бурения (АО «НПЦ «Недра»), представителями территориальных и научных организаций (ОАО «Читагеолсъемка», ФГУП «ИМГРЭ» и др.) были представлены и обсуждены предложения по месту проходки Забайкальской параметрической скважины на Забайкальском фрагменте профиля 1-СБ, пересекающего основные геолого-тектонические структуры Забайкальской складчатой системы с ее северным окружением – Центрально-Азиатским складчатым поясом (рис. 1).

Основные предложения по бурению на профиле 1-СБ Забайкальской параметрической скважины глубиной 4000 м в обобщенном виде представлены на рисунке 2. После обмена мнениями совещание рекомендовало в качестве наиболее оптимальных районов заложения Забайкальской параметрической скважины признать два участка Забайкальского фрагмента профиля 1-СБ: интервал 200-330 км и 420-440 км.

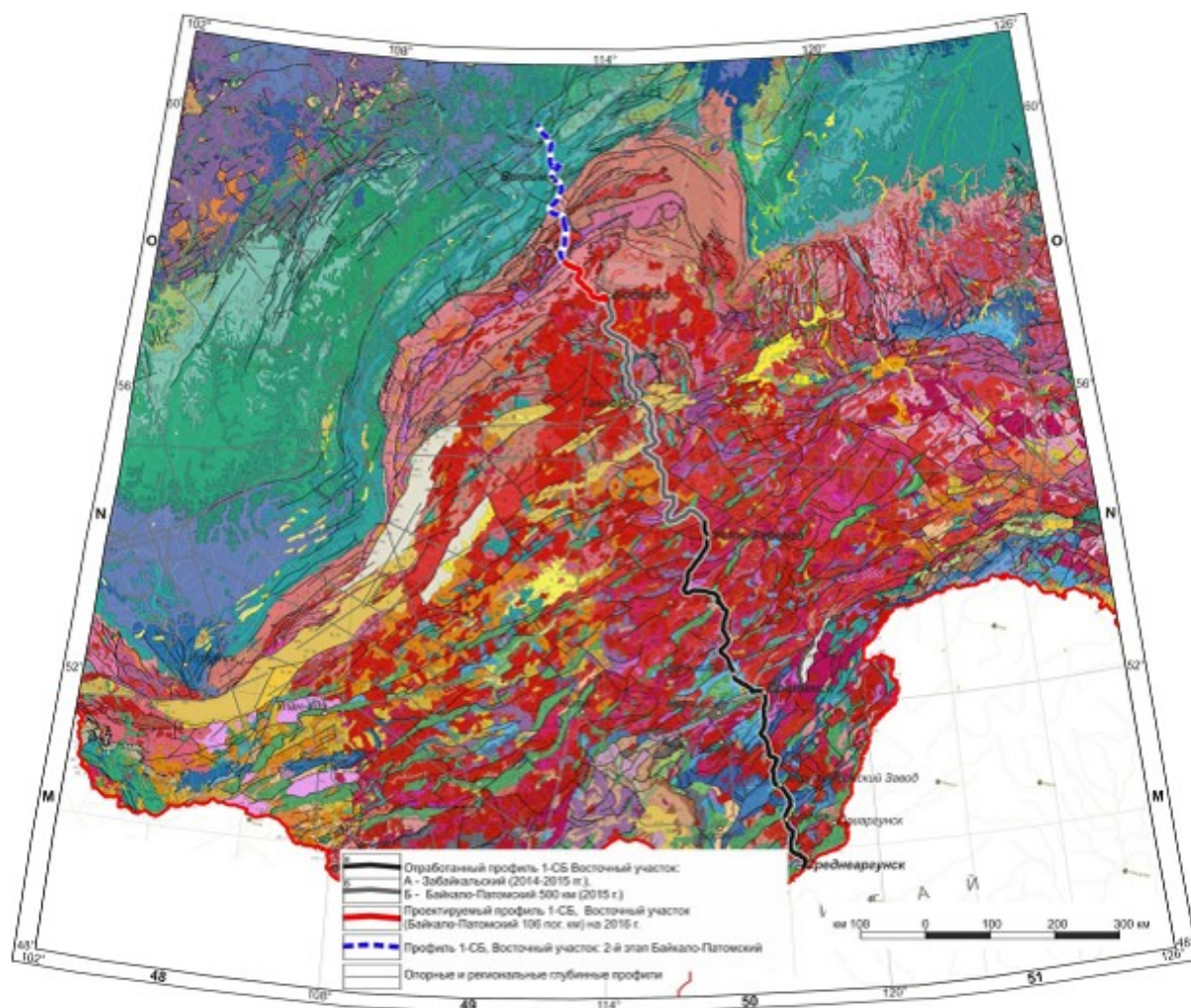


Рисунок 1 – Геологическое строение района проложения опорного профиля 1-СВ, Восточный участок (фрагмент геологической карты России (Геологическая карта..., 2008 г.)).

В качестве первоочередных мероприятий по дальнейшему уточнению места заложения скважины было рекомендовано выполнить по указанным районам углубленную обработку и интерпретацию имеющихся геолого-геофизических материалов, в первую очередь переобработку сейсмических данных.

В соответствии с этими рекомендациями в составе объекта ФГБУ «ВСЕГЕИ» «Создание государственной сети опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин на территории Дальневосточного и Сибирского федеральных округов в 2016 г.» (Государственное задание № 049-00031-16 от 11.03.2016 г.) были предусмотрены опережающие геолого-геофизические работы по определению места заложения Забайкальской параметрической скважины.

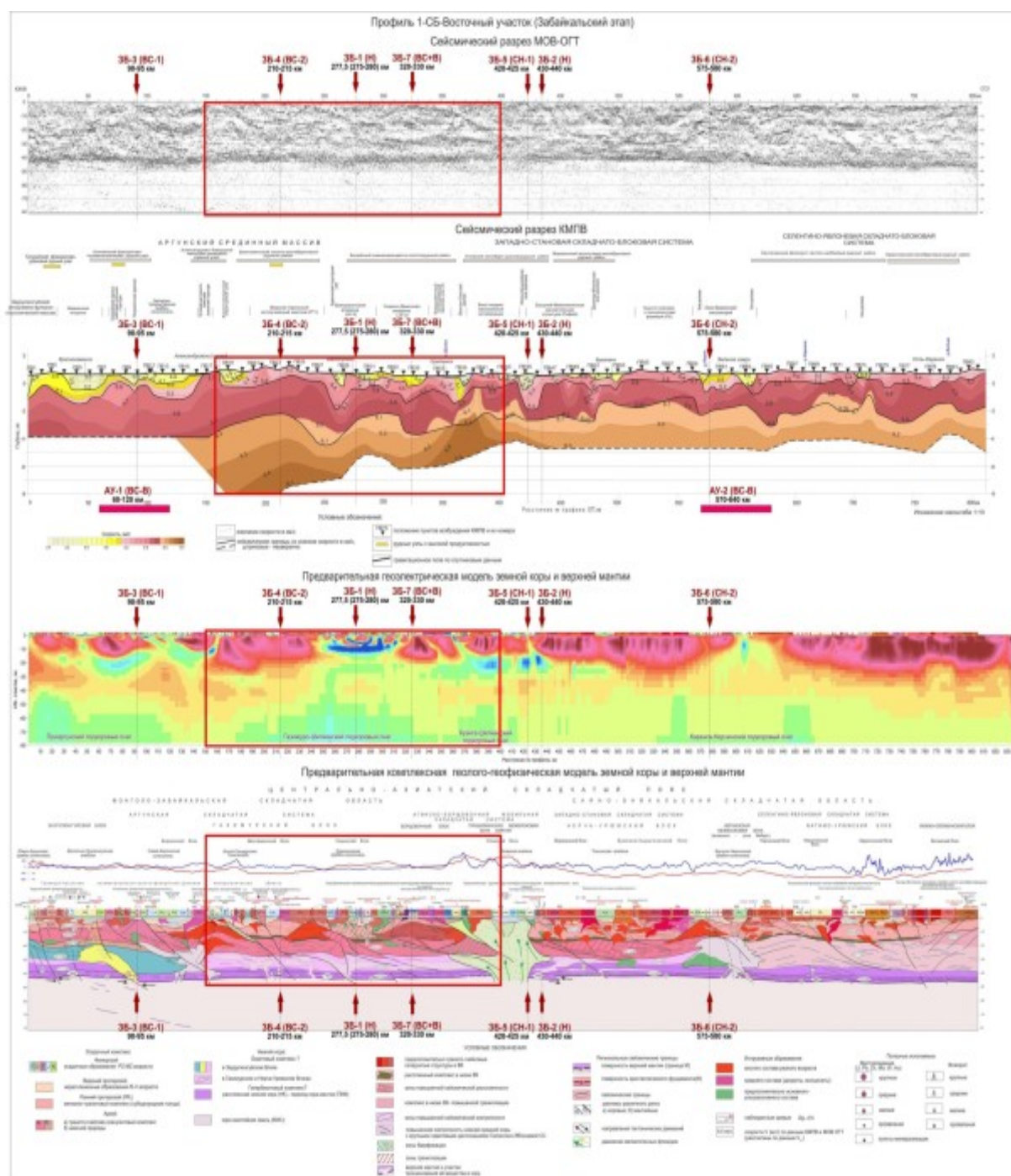


Рисунок 2 – Предложения по выбору места заложения Забайкальской параметрической скважины, рассмотренные на рабочем совещании «Обоснование района заложения Забайкальской параметрической скважины глубиной 4000 м на восточном участке опорного геолого-геофизического профиля 1-СБ (Забайкальский отрезок, 800 км) (ВСЕГЕИ, 12.11.2015). Красный прямоугольник – участок, принятый для переобработки и анализа геолого-геофизических материалов.

В рамках поставленной геологической задачи в 1-ом полугодии 2016 года была проведена углубленная обработка и интерпретация имеющихся геолого-геофизических данных по интервалам профиля 1-СБ (Забайкальский фрагмент), рекомендованным



рабочим совещанием, и определение интервала профиля 1-СБ и участка для проведения опережающих геолого-геофизических работ.

Конкретно для углубленной обработки геолого-геофизических данных был принят отрезок ПК 150-400 км, на котором сосредоточены три основные предложения по месту заложения Забайкальской параметрической скважины глубиной 4000 м: ЗБ-4 (ПК 210-215 км, предложение ВСЕГЕИ), ЗБ-1 (ПК 275-280 км, предложение Недра), ЗБ-7 (ПК 320-330 км, предложение ВСЕГЕИ и ВИРГ-Рудгеофизика) (рис. 2).

По данному отрезку профиля были систематизированы материалы геолого-геофизических исследований в данном районе и его обрамлении (включая материалы геологических съемок масштаба 1:200 000 и 1:50 000, аэромагнитных и гравиметрических съемок), выполнена углубленная переобработка сейсмических материалов МОВ-ОГТ и КМПВ по Забайкальскому фрагменту опорного геолого-геофизического профиля 1-СБ в интервале 150-400 пог. км (рис. 3).

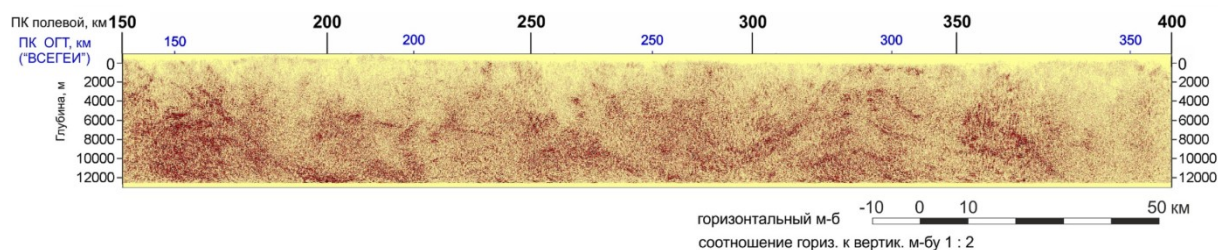


Рисунок 3 – Глубинный разрез по результатам углубленной переобработки в ФГБУ «ВСЕГЕИ» фрагмента профиля 1-СБ 150-400 км полевого пикетажа (Результаты опережающих..., 2016).

Динамически выраженные отражающие горизонты в интервале глубин проектируемой скважины (4000 м) прослеживаются на участках профиля 150-175 км полевого пикетажа и 315-340 км полевого пикетажа (ЗБ-7) на глубине около 3500 м («куполообразные» структуры) (рис. 3). В основном, четкие отражения находятся на больших глубинах относительно глубины проектируемой скважины. В верхней части разреза до глубин 2500 м отражения прослеживаются только лишь на участке профиля 315-340 км полевого пикетажа.

Предложения по месту заложению скважины ЗБ-4 (ВС-2) и ЗБ-1 (Н) попадают в интервалы разреза с наименее выразительной волновой картиной, динамически выраженных отражающих горизонтов не наблюдается. Кроме того, предложение ЗБ-4 (ВС- 2) расположено неудачно с точки зрения рельефа – на склоне горы (наибольшая отметка высоты над уровнем моря 1400 м). Вариант с участком 150-175 км полевого пикетажа попадает в зону Газимурского разлома, поэтому не является благоприятным для заложения параметрической скважины. Наиболее интересным отрезком профиля



1-СБ признан интервал 315-340 км полевого пикетажа, который является приоритетным для заложения параметрической скважины. Было решено, что предпочтительные точки размещения ЗПС располагаются в интервале пикетов 320-330 км (рис. 4), где могут быть вскрыты два сейсмических отражающих интервала до глубины 4000 м и, соответственно, изучена их природа.

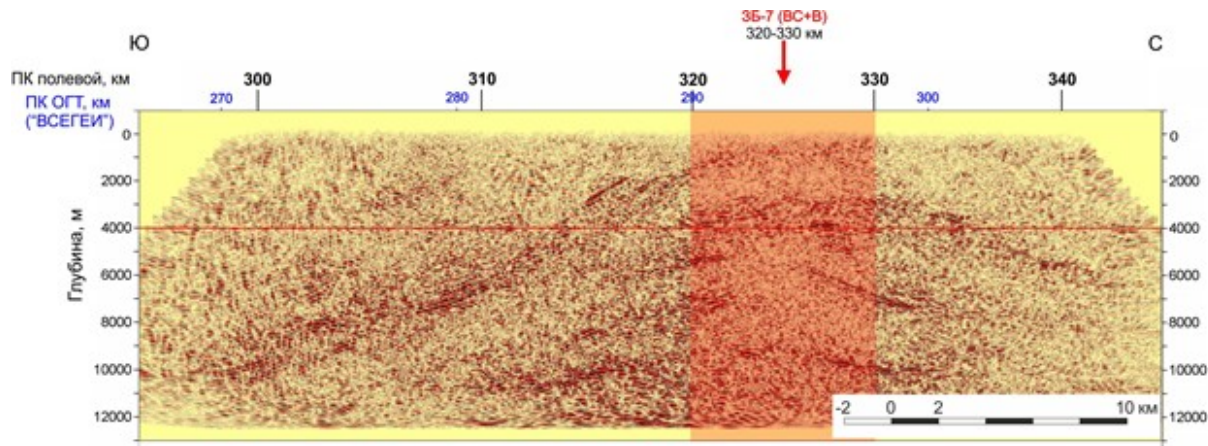


Рисунок 4 – Предварительный глубинный разрез на участке профиля 1-СБ (300-340 км полевого пикетажа) с предложением по месту заложения Забайкальской параметрической скважины 3Б-7 (Результаты опережающих..., 2016).

Таким образом, на основе анализа имеющихся геолого-геофизических материалов был выделен участок заложения Забайкальской параметрической скважины площадью 60 км<sup>2</sup> (рис. 5), на котором впоследствии были выполнены геологические маршрутные наблюдения и детальные гравиметрическая и магнитометрическая съемки, назначением которых являлось уточнение геолого-структурной характеристики данного участка. Все это позволило произвести обоснованный выбор места заложения Забайкальской параметрической скважины и построить ее прогнозный разрез.



проходят в долинах между отрогами гор, имеют высокие обрывистые берега, поросшие кустарником; дно усеяно валунами и галькой. Питание рек в основном дождевое. Характерны резкие поднятия уровня воды во время летне-осенних дождевых паводков. Ледостав с ноября по апрель. Река Шилка является судоходной от Сретенска до устья.

Природная зона сочетает в себе разнотравно-злаковые и пижмово-разнотравные степи, лесостепные зоны, кустарниковые и луговые зоны в долинах рек, лиственничную горную тайгу с подлеском из березы и рододендрона даурского. Животный мир достаточно разнообразен. В таежной зоне живут различные млекопитающие: грызуны (белки, азиатские бурундуки, лесные мыши, полевки и др.), парнокопытные (сибирская косуля, благородный олень и др.), хищники (рысь, волк, бурый медведь, манул, россомаха и др.); птицы: ворон, таежная мухоловка, лесной каменный дрозд, даурская галка и др. Из рыб встречаются таймень, хариус, ленок.

Экономическое развитие Сретенского района является индустриально-аграрным. Наиболее развитыми отраслями хозяйства являются горнодобывающая, машиностроительная, деревообрабатывающая, лесная, агропромышленный комплекс, пищевая промышленность, а также транспорт. К отрицательным чертам экономико-географического положения района относятся такие, как: удаленность от экономически более развитых регионов России, от краевого центра, отсутствие развитой дорожной сети в восточной части района. К положительным можно отнести следующие: часть Транссиба проходит по территории района, сообщение с Транссибом посредством 52-километровой ж/д ветки «Куэнга – Сретенск», судоходная река Шилка и, как следствие, речной транспорт (как пассажирский, так и грузовой) и сообщение с Тихим океаном через реку Амур.

Рассматриваемый район характеризуется достаточно богатыми месторождениями полезных ископаемых. Известны месторождения полиметаллов (свинец, цинк), серебра, россыпного и рудного золота (Карийское), железа, меди, ртути, драгоценных и полудрагоценных камней (Слюдянское, Смородинское, Россыпинская падь и др.), каменного угля, магнезита (Береинское и Ларгинское), сурьмы, мышьяка, висмута. В качестве строительных материалов используются граниты, щебень, пески, гравий, глины и др.

Экологическое состояние района можно охарактеризовать как удовлетворительное. Максимальная степень загрязненности отходами производственной деятельности предприятий, ж/д и автотранспорта отмечается в наиболее крупных населенных пунктах: Сретенск, Усть-Карск и Кокуй. Большой урон нанесен природным ландшафтам в долине р. Кары, где ведется добыча золота.



Огромный вред экологии района наносит незаконная вырубка леса, а также лесные пожары.

## 2.2 Стратиграфия участка исследований

В строении изучаемой территории участвуют стратифицированные образования, условно относимые к рифею и юре, магматические комплексы рифея, перми и юры и метаморфический комплекс, условно относимый к раннему протерозою (Козлов и др., 2001), а также рыхлые отложения четвертичного возраста (рис. 6).

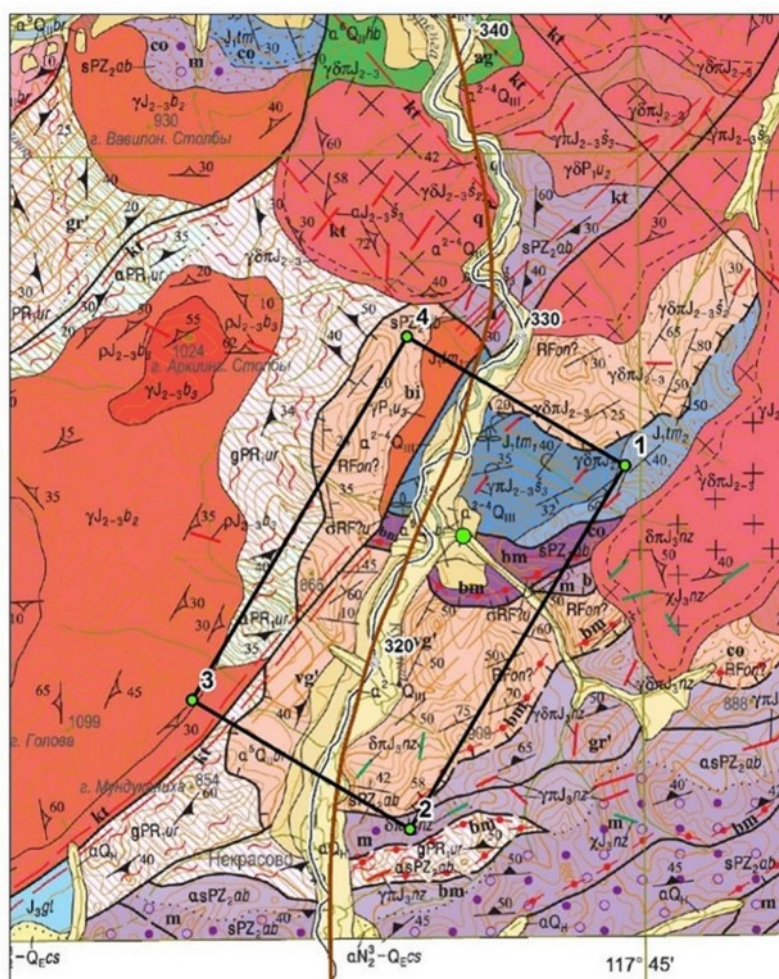


Рисунок 6 – Геологическая карта участка проведения геофизических наблюдений.

### Верхний рифей

*Ононская свита (RF<sub>3on</sub>?).* На участке бурения ЗПС к ононской свите отнесены вулканогенно-терригенные метаморфизованные отложения, занимающие юго-восточную часть изучаемой территории (рис. 6). Породы условно отнесены к ононской свите верхнего рифея (Козлов и др., 2001). На карте миллионного масштаба они, также

условно, отнесены к ильдиканской свите ямкунской серии нижнего-среднего девона (Государственная геологическая карта..., 2010<sup>2</sup>).

Ононская свита сложена метаалевролитами, глинистыми, кремнистыми, слюдястыми и кварц-серицитовыми сланцами, кварцитами, известняками, конгломератами, метапесчаниками с прослоями кремнистых пород, гравелитов, туфов, metabазальтов и углисто-кварц-серицитовых сланцев. Контакты с подстилающими образованиями тектонические (Государственная геологическая карта..., 2010<sup>2</sup>). В пади Кутузи́ха (бассейн р. Ишикан, 20-25 км западнее участка работ) в основании разреза обнаружены конгломераты, которые интерпретируются как базальные (Козлов и др., 2001). Мощность отложений свиты в пади Ишакан составляет 1200 м (Козлов и др., 2001). В разрезе свиты здесь залегают: плейчатые метаалевролиты (160 м), переслаивающиеся метапесчаники и метаалевролиты (280 м), метаалевролиты с прослоями черных углистых тонкоплитчатых сланцев и метапесчаников с будинами кварца (310 м), ритмично переслаивающиеся метапесчаники и филлиты с линзами (0,3-0,5 м) известняков, содержащих неопределимые строматолиты (150 м), серые кварцевые гравелиты с обломками кристаллических сланцев (180 м), кварцитовидные песчаники с галькой гранитов (70 м), кварциты пестроокрашенные с прослоями сланцев (50 м). Разрез условно наращивается на правобережье р. Куренги, в районе г. Вострухи, где на кварцитах залегает пачка (230-250 м) переслаивающихся пестрых яшмовидных пород, филлитов, метапесчаников и углисто-кремнистых графитсодержащих сланцев с прослоями (3,5-4 м) metabазальтов. Метабазальты миндалекаменные, в зонах рассланцевания преобразованы в актинолит-хлоритовые сланцы. Породы свиты рассланцованы, дислоцированы и преобразованы в условиях зеленосланцевой фации метаморфизма. Суммарная мощность ононской свиты составляет 1350-1450 м (Государственная геологическая карта..., 2010<sup>2</sup>).

Юго-западнее территории участка исследований к отложениям ононской свиты конформно примыкают образования среднепалеозойского (?) агинско-борщовочного динамометаморфического комплекса. Породы динамометаморфического комплекса на юго-востоке ограничены блоками кристаллических пород раннепротерозойского (?) урульгинского метаморфического комплекса. Авторами листа N-50-XXXIV (Козлов и др., 2001) принимается, что агинско-борщовочный комплекс является самостоятельным по генезису и возрасту сооружением и все слагающие его породы (сланцы, кварциты и карбонатные толщи) возникли в результате динамометаморфизма, а исходный субстрат, по которому они образовались, утрачен. Результаты геологических наблюдений 2016 года, а также характер гравитационного и магнитного полей

детального участка свидетельствует о том, что образования, выделяемые в рамках динамометаморфического комплекса, скорее всего, являются закономерным компонентом ононской свиты. Они отличаются лишь более высокой степенью дислоцированности, обилием бластомилонитов и бластотектонитов, частыми включениями различных по размерам блоков метаморфических пород в сланцевом матриксе, что объясняется близостью этих образований к контактам с жёстким кристаллическим фундаментом.

В карбонатных породах свиты на правобережье р. Шилки, ниже устья р. Кумы, установлены постройки строматолитов плохой сохранности, что позволяет принять возраст свиты как позднерифейский (Ефимов, Тетяева, 1968). Тем не менее, не исключается принадлежность свиты к более молодым или древним образованиям (Козлов и др., 2001). На карте первого поколения масштаба 1:200 000 ононская свита условно отнесена к силуру (Шенфиль, Чацкис, 1970). На карте третьего поколения масштаба 1:1 000 000 эти отложения, также условно, отнесены к ильди́канской свите ямкунской серии нижнего-среднего девона на основании литологического сходства с отложениями, расположенными на листах М-50-IV и М-50-V (Государственная геологическая карта..., 2010<sup>2</sup>). Таким образом, стратиграфическое положение свиты остается дискуссионным и требует проведения дополнительных исследований для его уточнения.

### Юрская система

*Таменгинская свита ( $J_{1tm}?$ ) нерасчлененная.* К таменгинской свите нижней юры в пределах участка работ отнесены вулканогенно-терригенные отложения, которые занимают поле в северо-восточной части участка (рис. 6), со всех сторон ограниченное разломами.

Датированные образования юры в Агинском и Аргунском блоках представлены морскими терригенными отложениями нижнего отдела, континентальными терригенными и терригенно-вулканогенными образованиями среднего-верхнего отделов (Козлов и др., 2001). Они выполняют узкие грабены по правобережью р. Шилки, расположение структур контролируется региональными разломами. Отложения, относимые к таменгинской свите (Козлов и др., 2001), на территории участка сложены существенно вулканогенными отложениями: туфопесчаниками, туфоконгломератами, лавами кислого состава, базальтоидами. Несоответствие состава рассматриваемых отложений составу таменгинской свиты в структурах, где они надежно датированы, требует проведения дополнительных литолого-петрографических исследований. В настоящее время свита не имеет



надежного палеонтологического обоснования возраста, поэтому отнесение рассматриваемых отложений к нижней юре является условным.

### ***2.3 Магматические и метаморфические комплексы***

#### ***Верхний архей***

*Куренгинский метаморфический комплекс ( $sAR_{2kr}$ )* в пределах участка работ не имеет выходов на поверхность, однако на листе N-50-XXXIV породы комплекса встречены в северо-западном краю и осевой части Борщовочного блока в междуречье Кур-Куры и Коренной (Козлов и др., 2001). Описание данного комплекса приводится в связи с предположением о том, что ЗПС вскроет свод Борщовочного выступа фундамента.

Куренгинский комплекс развит на правобережье р. Шилки на площади до 25 км<sup>2</sup> в тектонических линзах среди пород урульгинского комплекса. Породы куренгинского комплекса метаморфизованы в условиях биотит-силлиманитовой субфации амфиболитовой фации и представлены гнейсами и кристаллическими сланцами. Линзы пород куренгинского комплекса встречены среди образований урульгинского комплекса, преобразованных в амфиболитовой фации метаморфизма, что позволяет рассматривать его как сформированный до урульгинского комплекса в составе кристаллосланцевой формации и принять возраст условно позднеархейским (Козлов и др., 2001). На карте третьего поколения эти образования не выделяются из состава урульгинского метаморфического комплекса и относятся к нижнему протерозою (Государственная геологическая карта..., 2010<sup>2</sup>)

#### ***Нижний протерозой***

*Урульгинский метаморфический комплекс ( $mPR_{1?ur}$ )* занимает западную часть участка исследований (рис. 6). Широко развит в зоне Монголо-Охотского шва и оперяющих его нарушениях в Агинско-Борщовочном блоке СФЗ (Рутштейн и др., 2000; Козлов и др., 2002). Комплекс представлен биотитовыми и амфибол-биотитовыми гнейсами, кристаллическими сланцами, амфиболитами, мраморами и кальцифирами. Строение метаморфического комплекса полосовидное: различные по мощности линзо- и пластинообразные тела гнейсов перемежаются с линзами биотитовых кристаллических сланцев, пластинами амфиболитов. Контакты представлены разрывными нарушениями, общая протяженность полосы выходов более 250 км (Государственная геологическая карта..., 2010<sup>2</sup>). Мощность комплекса оценивается в 2-4 км (Государственная геологическая карта..., 2010<sup>2</sup>). В пределах участка исследований

комплекс представлен биотит-кварц-плагиоклазовыми кристаллическими сланцами иногда с гранатом, милонитами по плагиогранитам. Встречающиеся у северо-западной границы участка гнейсограниты, вероятнее всего, являются краевой фацией борщовочного гранитного массива ( $gJ_{2-3b}$ ) и не входят в состав урульгинского комплекса.

Породы урульгинского комплекса преобразованы в амфиболитовой фации регионального метаморфизма, испытали интенсивную тектоническую переработку, гранитизацию и поздние зеленосланцевые преобразования. По преобладающему составу пород выделены два подкомплекса: амфиболитовый и гнейсовый, но на карте участка не разделяются.

Нижняя возрастная граница урульгинского комплекса определена на площади листа М-50 в петротипической местности в бассейне р. Урульги (правый приток р. Шилки), где установлено развитие амфиболитов по габброидам раннепротерозойского чонгульского комплекса (Рутштейн и др., 2000). Верхняя возрастная граница определяется прорыванием амфиболитов гранитами раннепалеозойского олекминского комплекса (Государственная геологическая карта..., 2010<sup>1</sup>; Государственная геологическая карта ..., 2010<sup>2</sup>). Возраст аналогичных амфиболитов Соктуйского выхода на листе М-50-IX, определенный Ю. П. Шергиной Rb-Sr методом по породе и амфиболу, составил  $1294 \pm 100$  и  $1497 \pm 45$  млн. лет, соответственно (Павлова и др., 1994). Возраст пород западной части Борщовочного хребта, метаморфизованных в амфиболитовой фации, по данным Р.И. Милькевич, составляет 600 и 700 млн. лет по амфиболу и 1010 млн. лет по диопсиду. По мнению авторов объяснительной записки к листу М-50, рифейский возраст не соответствует геологической ситуации, поскольку в разных частях Аргунского мегаблока отложения рифея и венда метаморфизованы в условиях не выше зеленосланцевой фации. Поэтому, с некоторой долей условности, для образований урульгинского комплекса был принят раннепротерозойский возраст (Государственная геологическая карта..., 2010<sup>1</sup>).

#### Рифей

*Ургунинский серпентинитовый комплекс* ( $\sigma RF?u$ ) встречен в центральной части участка исследований (рис. 6) и представлен пластовым телом серпентинитов, конформно залегающим с окружающими сланцами ононской свиты верхнего рифея. Данное тело вместе с несколькими десятками других аналогичных тел входит в Молодовский гипербазитовый пояс общей протяженностью около 75 км (Козлов и др., 2001).

Серпентиниты сложены хризотилом, антигоритом, серпофитом, с реликтами пироксенов и оливина, магнетитом и карбонатным веществом, в незначительных количествах присутствуют тремолит, хлорит, тальк, тонковолокнистый амфибол. В весовом количестве в серпентинитах на устье пади Берея, правого притока р. Куренги, присутствуют магнетит, пирит, ильменит, сфен, лимонит (Милин и др., 1974). Обильное содержание тонкодисперсного магнетита в серпентинитах обуславливает положительные аномалии тел в магнитном поле. Породы повсеместно обнаруживают следы динамометаморфизма: зеркала скольжения, трещиноватость. По химическому составу серпентиниты соответствуют гарцбургитам, лерцолитам и вебстеритам (Гусев и др., 1996; Рутштейн и др., 2002). Серпентиниты прорываются дайками гранодиоритов средне-позднеюрского шахтаминского комплекса. Возраст серпентинитов условно рифейский (Озерский и др., 1995).

#### Раннепермские интрузии

Ундинский гранит-гранодиоритовый комплекс ( $gP_{Iu3}$ ) развит в северо-западной части участка исследований (рис. 6) и представлен биотитовыми гранитами. Комплекс трехфазного строения. Гранитный массив в пределах изучаемой территории относится к третьей фазе (Козлов и др., 2001).

Структура гранитов гипидиоморфнозернистая, порфировидная. Они состоят из олигоклаза (30-40%), микроклина (25-30%), кварца (25-35%), биотита (5-15%) и зеленой роговой обманки (до 3%). Акцессорные минералы: апатит, сфен, циркон, магнетит.

Гранитоиды сопровождаются небольшими по размерам (мощностью до 2 м и протяженностью до 200 м) дайками и жилами лейкократовых гранитов, аплитов и пегматитов (Козлов и др., 2001). Раннепермский возраст ундинского комплекса принят на основании геологических взаимоотношений: за пределами участка (на листе М-50) они прорывают фаунистически охарактеризованные отложения нижнего карбона; верхняя возрастная граница комплекса определяется налеганием на гранитоиды комплекса нижнеюрских отложений (Рутштейн и др., 2002). На сопредельной территории выполнены определения возраста К-Аг методом по биотиту – 280-210 млн. лет, а также U-Pb и Rb-Sr методами – 272-230 млн. лет, соответственно (Козлов и др., 2001).

#### Средне-позднеюрские интрузии

Борщовочный гранитовый комплекс ( $\gamma J_{2-3b}$ ) образует крупный одноименный pluton к северо-западу от участка. В комплексе выделяется три фазы. Первая фаза представлена мезократовыми гнейсовидными гранитами, слагающими

преимущественно краевые части массивов. Вторая фаза представлена средне- и крупнозернистыми порфировидными гранитами, слагающими центральные части массивов. Третья фаза представлена лейкократовыми и пегматоидными гранитами, часто с морионом и турмалином. На карте участка граниты комплекса не расчленены. Край Борщовочного плутона небольшими заливами входит на участок у юго-западной границы (рис. 6). Он контактирует с породами раннепротерозойского урульгинского метаморфического комплекса. Контакты с вмещающими породами тектонические.

В протерозойских метаморфических породах гранитоиды борщовочного комплекса образуют конкордантные безкорневые пластообразные и куполообразные (линзовидные) пологие тела, погружающиеся в юго-восточном направлении, мощностью 1-4 км (Рутштейн и др., 2002).

Граниты комплекса средне- и крупнозернистые, иногда, разномасштабные, порфировидные биотитовые и биотит-амфиболовые с ориентированной и массивной текстурами, гипидиоморфно-, аллотриоморфно-зернистой структурами. КППШ преобладает над плагиоклазом (№20-25), присутствует протокластический кварц и буро-оранжевый биотит. В краевых фациях преобладают породы с ориентированной текстурой. В экзоконтактах иногда образуются зоны с крупночешуйчатым (до 1,5-2 см) биотитом.

Изотопно-геохронологическими методами датированы породы Шилкинского купола (лист М-50-III) в Борщовочном плутоне: U-Pb методом по цирконам из субщелочного лейкократового гранита получен возраст 147 млн лет, Rb-Sr возраст по КППШ –  $140 \pm 15$  млн лет (Павлова и др., 1994). На основании этих данных возраст борщовочного комплекса принимается средне-позднеюрским.

Анализ стратиграфического разреза и особенностей распространения магматических комплексов, применительно к задаче по определению места заложения Забайкальской параметрической скважин, позволяет выделить в рассматриваемом районе три структурно-вещественных этажа: раннепротерозойский, рифей-палеозойский и мезозойский.

Нижний структурно-вещественный этаж составляют метаморфические и магматические комплексы раннего протерозоя. Стратифицированные образования сложены гнейсами, кристаллическими сланцами, амфиболитами, мраморами и кальцифирами, образованными в условиях гранулитовой и амфиболитовой фаций метаморфизма. Магматические образования представлены гранитами, гранодиоритами. Раннепротерозойские стратифицированные и магматические образования имеют ограниченное распространение на рассматриваемой площади, но с глубиной их роль,

вероятнее всего, увеличивается. Теоретически на глубине могут быть встречены также архейские комплексы, известные на соседних площадях.

Средний структурно-вещественный этаж включает породы в возрастном диапазоне от рифея до перми. В строении этажа резко преобладают магматические образования, которые по площадям выхода значительно превосходят стратифицированные. Они представлены гранитными комплексами пермского и триасового возраста. Среди них по площади и по объему резко выделяется ундинский гранит-гранодиоритовый комплекс ( $gP_{1u3}$ ). Осадочные комплексы образуют небольшие разобщенные выходы в тектонических блоках и пластинах. Для них характерна общность состава, свидетельствующая о стабильности обстановок осадконакопления. Они представлены преимущественно мелкообломочными и карбонатными породами, образованными в мелководно морских обстановках. Наиболее древние рифейские породы слабо метаморфизованы до зеленосланцевой фации. Вулканические породы имеют подчиненное значение и представлены базальтами, андезитами и риолитами.

Верхний структурный этаж представлен юрскими молассовыми отложениями, выполняющими наложенные впадины, которые покрывают до 25% рассматриваемой территории. Значительную долю в строении верхнего этажа представляют гранитоидные магматические комплексы.

#### ***2.4 Тектоническое положение района исследований***

При рассмотрении фрагмента геологической карты территории Забайкальского фрагмента профиля 1-СБ (см. рис. 1) очевидно, что профиль пересекает две крупные в геотектоническом отношении структуры земной коры. Севернее Монголо-Охотской, Могоча-Бушулейской и Джиллинда-Могочинской систем разломов распространены древние, преимущественно докембрийские, гранито-гнейсы, кристаллосланцы и гранитоиды Алдано-Станового геоблока, а южная часть площади (Амурский геоблок) сложена в основном палеозой-мезозойскими глыбово-складчатыми сооружениями и сравнительно молодыми гранитоидными массивами. Эта часть площади входит в состав Монголо-Охотской складчатой системы (пояса протяженностью около 2000 км при ширине до 300 км) и выделяется в качестве Аргунского мегаблока (срединного массива).

Область пересечения Забайкальским фрагментом опорного профиля 1-СБ зоны сочленения Алдано-Станового и Амурского геоблоков земной коры является важнейшим геолого-структурным элементом рассматриваемой территории. К этой





## *2.5 Полезные ископаемые и минерагеническое районирование*

К северу от Монголо-Охотской системы разломов полностью преобладают выходы докембрийских гранито-гнейсов и палеозойских гранитоидов, которые составляют более 80% околопрофильного пространства на листе N-50. Эта территория относительно безрудна. Южная часть площади, примыкающей к профилю 1-СБ (юг листа N-50 и в пределах листа М-50), отличается высокой рудонасыщенностью (Государственная геологическая карта..., 2010<sup>2</sup>) и входит в состав Рудного Забайкалья, в пределах которого получили широкое распространение различные по масштабам золоторудные, оловорудные, вольфрам-молибденовые, полиметаллические свинцово-цинковые, редкометалльные, урановые и флюоритовые месторождения.

В размещении месторождений рассматриваемой площади наблюдается определённая зональность, отмеченная С.С. Смирновым ещё в середине 30-ых годов прошлого века, выделившим с севера на юг в пределах Рудного Забайкалья золото-молибденовый, оловянно-вольфрамовый и полиметаллический рудные пояса. Речь идёт лишь о профилирующей специфике поясов, в каждом из которых могут быть обнаружены также и месторождения других металлов. Грубо говоря, металлогеническая зональность С.С. Смирнова выдерживается также в рассматриваемой околопрофильной площади к юго-востоку от Монголо-Охотской системы разломов и в её пределах. Согласно изданным листам N-50 и М-50 (Государственная геологическая карта..., 2010<sup>2</sup>, Государственная геологическая карта..., 2010<sup>1</sup>), между Джиллинда-Могочинским и Могоча-Бушулейским разломами выделяется Жирекенский золото-медь-молибденовый рудный район (пикеты 510-460 профиля 1-СБ). К нему с юга примыкает Пришилкинская сурьма-медь-молибден-золоторудная минерагеническая зона (пикеты 460-390), включающая Оловский молибден-урановый рудный район и Оловский молибден-урановорудный узел – в зоне Могоча-Бушулейского разлома. В том же южном направлении прослеживаются Унда-Шилкинская полиметаллически-редкометалльно-золоторудная минерагеническая зона (пикеты 350-250) с Балейским камнесамоцветно-сурьмяно-золоторудным районом с уникальными золоторудными месторождениями. Металлогенические подразделения от 250 пикета до начала профиля (у границы с Китаем) входят в состав Газимуро-Аргунской полиметаллически-золото-флюоритово-урановой минерагенической области, в пределах которой выделяются промышленные рудные районы: Шахтаминский золото-молибденовый, Александрово-Заводской свинцово-цинковый, Кличкинский флюоритово-полиметаллический, Заурульонгуйский флюоритово-

урановый рудный район с крупными и уникальными месторождениями Забайкалья. Участок геофизических исследований находится в пределах важного в металлогеническом отношении Сретенского олово-медно-золоторудного узла.

## ***2.6 Физические свойства горных пород***

Для того, чтобы провести качественную интерпретацию, необходимо привлечь как можно больше имеющихся геолого-геофизических материалов. Помимо геологических карт различного масштаба важное значение также имеют петрофизические данные.

Данные о физических свойствах горных пород, распространенных на территории участка детальных геофизических наблюдений, были почерпнуты, главным образом, из объяснительной записки к государственной геологической карте РФ масштаба 1:200 000 (издание второе, серия Приаргунская, лист N-50-XXXIV, 2001 г.).

Дополнительная информация о магнитной восприимчивости горных пород была получена при измерениях каппаметром ПИМВ-1М на ряде образцов (184 шт.) геологической коллекции, отобранной в ходе геологических маршрутов в 2016 г.

Гнейсы и кристаллические сланцы куренгинского комплекса имеют плотность порядка  $2,72 \text{ г/см}^3$ , а их намагниченность составляет в среднем  $20 \times 10^{-5}$  ед. СИ (Козлов и др., 2001).

Биотитовые гнейсы, кристаллические сланцы и амфиболиты урульгинского комплекса имеют плотность  $2,66$ ,  $2,72$  и  $2,86 \text{ г/см}^3$ , соответственно. Магнитная восприимчивость пород комплекса в среднем составляет  $10 \times 10^{-5}$  ед. СИ (Козлов и др., 2001). По данным каппаметрии по геологической коллекции 2016 г. магнитная восприимчивость колеблется в пределах от  $9,1$  до  $72,4 \times 10^{-5}$  ед. СИ.

Кварц-серицитовые сланцы, кварциты и известняки ононской свиты характеризуются плотностью  $2,72$ ,  $2,63$  и  $2,78 \text{ г/см}^3$ , соответственно. Средняя магнитная восприимчивость пород ононской свиты составляет  $3 \times 10^{-5}$  ед. СИ (Рутштейн и др., 2002).

Серпентиниты ургуинского комплекса по различным источникам имеют плотность от  $2,56 \text{ г/см}^3$  (Рутштейн и др., 2002) до  $2,75 \text{ г/см}^3$  (Козлов и др., 2001). По замерам в образцах, отобранных на участке в 2016 году, значение плотности находится в пределах  $2,57$ - $2,71 \text{ г/см}^3$ . Магнитная восприимчивость серпентинитов составляет  $1700 \times 10^{-5}$  ед. СИ (Козлов и др., 2001). По результатам каппаметрии в 2016 г. магнитная

восприимчивость колеблется в диапазоне  $1300-7700 \times 10^{-5}$  ед. СИ, в среднем составляя  $3300 \times 10^{-5}$  ед. СИ.

В западной части участка встречены мелкие тела перидотитов, которые, предположительно, также относятся к ургунинскому комплексу. Их магнитная восприимчивость характеризуется значениями в диапазоне  $32-290 \times 10^{-5}$  ед. СИ, в среднем составляя  $100 \times 10^{-5}$  ед. СИ.

Средняя плотность гранитов ундинского комплекса на территории участка составляет  $2,67 \text{ г/см}^3$  (Козлов и др., 2001), а магнитная восприимчивость около  $60 \times 10^{-5}$  ед. СИ (Рутштейн и др., 2002).

Нерасчлененная толща песчаников и алевролитов таменгинской свиты характеризуется средней плотностью порядка  $2,56 \text{ г/см}^3$ . Магнитная восприимчивость толщи составляет  $10 \times 10^{-5}$  ед. СИ (Козлов и др., 2001).

Граниты борщовочного комплекса ( $\gamma J_{2-3b}$ ) имеют плотность  $2,56 \text{ г/см}^3$ , а магнитная восприимчивость в среднем составляет  $5 \times 10^{-5}$  ед. СИ (Козлов и др., 2001). По данным капаметрии по полевым образцам 2016 г. магнитная восприимчивость гранитов борщовочного комплекса колеблется от 2,3 до  $6,4 \times 10^{-5}$  ед. СИ.

### 3 ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 3.1 Гравиметрическая съемка

##### 3.1.1 Методика и техника работ

Высокоточная гравиметрическая съемка проведена по стандартной методике в соответствии с техническим руководством к приборам и «Инструкцией по гравиразведке» (1980) с использованием серийных гравиметров AUTOGRAV CG-5 производства фирмы Scintrex (рис. 8) в условном уровне в площадном варианте. Работы проводились пешим ходом с использованием вездеходного транспорта для подъезда, отъезда и увязки опорной сети. Съемка выполнена гравиметрической партией ФГБУ «ВСЕГЕИ» в период с июля по сентябрь 2016 года.



Рисунок 8 – Серийный гравиметр AUTOGRAV CG-5 производства фирмы Scintrex.

Основные технические характеристики гравиметров AUTOGRAV CG-5:

- разрешение: 0,001 мГал;
- погрешность: 0,005 мГал;
- диапазон измерений: около 8 000 мГал;
- температурная компенсация (термостатирование);

- низкий остаточный дрейф «нуль-пункта» прибора;
- накопление и осреднение данных с дискретностью: 1 измерение в секунду;
- фильтрация «выбросов»;
- непрерывная коррекция наклона;
- поправки за лунно-солнечные вариации;
- память до 12-ти Мб.

Калибровка метрологических параметров гравиметров выполнялась перед началом полевых работ на гравиметрическом полигоне №5 г. Санкт-Петербурга. Корректировка коэффициента дрейфа нуля и калибровка коэффициентов за непрерывную коррекцию наклона проводилась непосредственно на участке работ (Инструкция по гравirazведке, 1980).

Опорная гравиметрическая сеть создавалась в процессе проведения полевых работ с использованием вездеходного транспорта. С целью учета смещения нуля-пункта гравиметров в рядовых рейсах и приведения съемки к единому уровню была создана опорная гравиметрическая сеть. Длительность рейса определялась исходя из необходимости обеспечения линейной интерполяции нуля-пункта гравиметров в рядовых рейсах и не превышала 8 часов (Инструкция по гравirazведке, 1980). Увязка опорной гравиметрической сети проводилась по центральной системе измерений в двух независимых рейсах. Каждый опорный гравиметрический пункт (ОГП) наблюдался в рейсе двумя измерительными приборами. Всего было выставлено 10 ОГП. Исходный опорный гравиметрический пункт (ОГП №101) располагался в легкодоступном для подхода месте рядом с полевым лагерем. Среднее расстояние между опорными пунктами составляло около 2,5 км. Все ОГП закреплены на местности и помечены маркерной лентой.

Оценка точности опорной сети произведена по формуле:

$$\varepsilon_{\text{оп}} = \pm \left( \frac{\varepsilon}{\sqrt{N_{\text{cp}}}} \right),$$

где  $\varepsilon$  – среднеквадратическая погрешность единичного измерения;  $N_{\text{cp}}$  – среднее количество наблюдений на одном опорном пункте:

$$N_{\text{cp}} = N/n,$$

где  $N$  – общее число измерений,  $n$  – число пунктов наблюдений.

Значение среднеквадратической погрешности единичного измерения ( $\varepsilon$ ) вычислено по формуле:

$$\varepsilon = \pm \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{N - n}},$$

где  $\delta$  - отклонение измеренного значения  $\Delta g$  от среднего.

Среднеквадратическая погрешность (СКП) увязки опорной сети составила  $\varepsilon_{\text{оп}} = \pm 0,006$  мГал (по проекту  $\pm 0,014$  мГал).

Гравиметрическая съемка на участке площадью  $60 \text{ км}^2$  может не привязываться к Государственной опорной гравиметрической сети (Инструкция по гравиразведке, 1980). Тем не менее, были проведены рекогносцировочные работы по поиску и обследованию ближайших Государственных ОГП. В результате обследования было установлено, что бетонные монолитные основания пунктов полностью разрушены, металлические трубы пунктов также имеют следы повреждений. Тем не менее, было принято решение о возможности увязки исходного ОГП №101 с разрушенным Государственным ОГП II класса Сретенск (рис. 9).



Рисунок 9 – Разрушенный Государственный ОГП II класса Сретенск.

Рядовая гравиметрическая съемка выполнена в масштабе 1:10 000 на площади  $60 \text{ км}^2$  по сети профилей  $200 \times 100$  м, ориентированных в юго-восточном направлении под углом  $120^\circ$ . Направление профилей выбрано вкрест простираения основных геологических структур. Рядовая съемка выполнялась пешим ходом с использованием



автотранспорта повышенной проходимости для подъезда к профилям. Наблюдения в рейсах проводились по однократной методике в циклическом режиме измерений гравиметров (3 цикла измерений по 30 сек каждый). Все рейсы проконтролированы.

СКП определения наблюдаемых значений силы тяжести на рядовых пунктах определялась по формуле в соответствии с «Инструкцией по гравиразведке» (п. 90):

$$\varepsilon_g = \sqrt{\varepsilon_{\text{оп}}^2 + \varepsilon_{\text{ряд}}^2}.$$

Значение  $\varepsilon_{\text{ряд}}$  определяется по формуле:

$$\varepsilon_{\text{ряд}} = \pm \sqrt{\frac{\sum \sigma^2}{N - n}},$$

где  $\sigma$  – отклонение измеренного значения  $\Delta g$  от среднего,  $N$  – общее число измерений, а  $n$  – число пунктов наблюдений.

СКП наблюдаемых значений силы тяжести на пунктах гравиметрических наблюдений (ПГН) по результатам контроля составила  $\varepsilon_{\text{ряд}} = \pm 0,020$  мГал (по проекту  $\pm 0,02$  мГал). СКП определения аномалий силы тяжести в редукции Буге без учета поправок за рельеф составила  $\varepsilon_a = \pm 0,023$  мГал (по проекту  $\pm 0,03$  мГал), с учетом поправок за рельеф –  $\varepsilon_a = \pm 0,045$  мГал (по инструкции  $\pm 0,1$  мГал для горных районов).

Объем рядовых измерений составил 3111 пунктов физических наблюдений, с учетом контроля (5% от объема измерений) – 3266 пунктов физических наблюдений.

Детализационная гравиметрическая съемка выполнена в масштабе 1:5 000 по сети 50x50 м на участке предполагаемого заложения скважины на площади 0,64 км<sup>2</sup> пешим ходом. Объем измерений с учетом контроля (5%) составил 303 пункта физических наблюдений.

Для оценки качества построения гравиметрической карты выполнены наблюдения на интерполяционном гравиметрическом профиле с шагом вдвое более частым, чем при рядовых наблюдениях – 50 м. Длина профиля составила 2,5 км, объем измерений с учетом контроля – 53 пункта физических наблюдений.

Для увязки с предшествующими гравиметрическими съёмками и увеличения глубины построения геолого-геофизических разрезов вдоль профиля 1-СБ выполнены измерения на увязочных гравиметрических профилях. Съёмка проведена на

автомобилях повышенной проходимости. Длина каждого профиля – 10 км, шаг наблюдений – 500 м. Объем измерений на увязочных профилях с учетом контроля (5%) составил 45 пунктов физических наблюдений.

Общий объем гравиметрических измерений составил 3679 пунктов физических наблюдений.

Первичная камеральная обработка выполнялась непосредственно в процессе проведения полевых работ для обеспечения оперативной обработки гравиметрических материалов, непрерывного контроля качества и получения предварительных результатов съемки. Рейсы ежедневно обрабатывались, вычислялись наблюденные значения на опорных и рядовых гравиметрических пунктах. Наблюденные значения  $\Delta g$  вычислялись по традиционной методике: в показания гравиметра вводилась поправка за сползание нуля-пункта пропорционально времени рейса и значения поправки за лунно-солнечные вариации. По мере обработки гравиметрических материалов составлялись предварительные каталоги рядовых и опорных пунктов. Была построена предварительная карта аномалий силы тяжести в редукции Буге с плотностью промежуточного слоя  $2,67 \text{ г/см}^3$ . Обработка выполнялась на ПЭВМ с применением пакетов программ MS Excel, Geosoft и Trimble Business Center.

### *3.1.2 Результаты работ*

В ходе написания бакалаврской работы были построены следующие карты гравитационного поля и его трансформант:

- карта аномалий силы тяжести в редукции Буге, масштаб 1:50 000 (рис. 10);
- карта локальных аномалий силы тяжести (окно = 1800 м), масштаб 1:25 000 (рис. 11);
- карта региональных аномалий силы тяжести (пересчет вверх на 500 м), масштаб 1:25 000 (рис. 12);
- карта аномалий силы тяжести в редукции Буге, участок детализации, масштаб 1:10 000 (рис. 13).

Построение окончательной карты в редукции Буге с плотностью промежуточного слоя  $2,67 \text{ г/см}^3$  (в условном уровне) (рис. 10) основывалось на каталогах опорных и рядовых гравиметрических пунктов. Из аномалы силы тяжести проводились путем линейной интерполяции с последующим сглаживанием в пределах одной среднеквадратической погрешности определения аномалий.

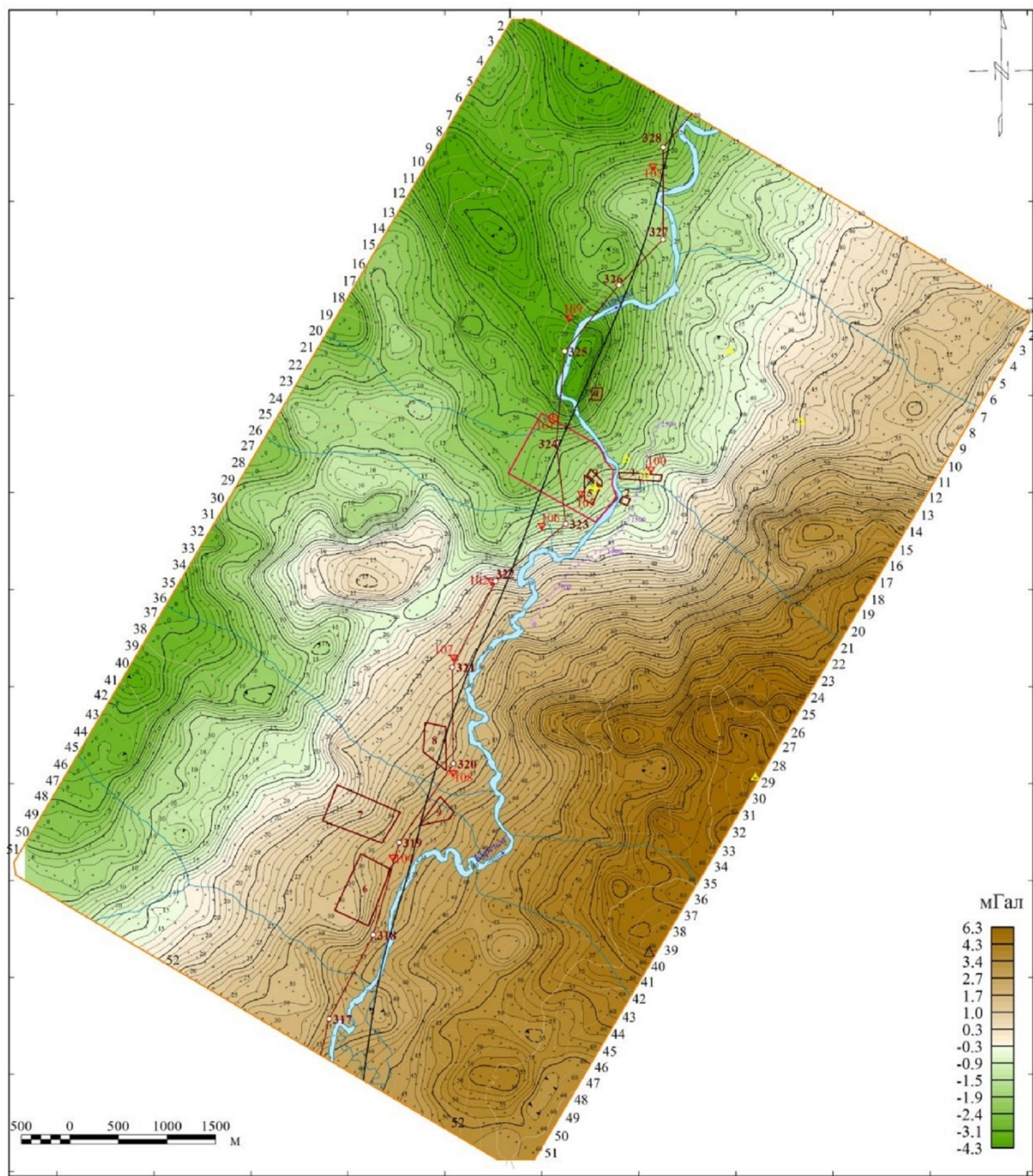


Рисунок 10 – Карта аномалий силы тяжести в редукции Буге ( $2.67 \text{ г/см}^3$ ), условный уровень. Масштаб 1:50 000.



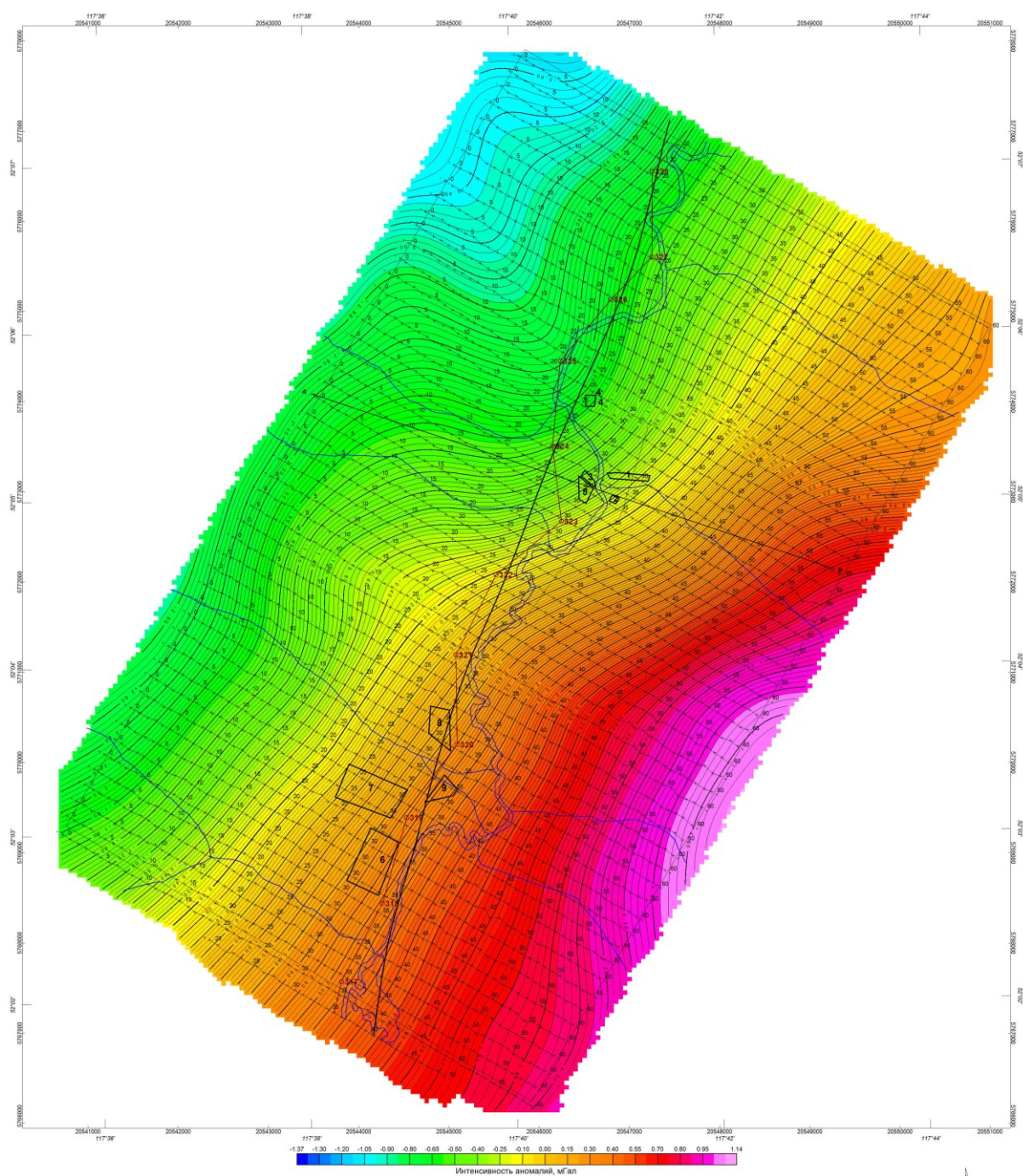


Рисунок 11 – Карта региональных аномалий силы тяжести (пересчет вверх на 500 м). Масштаб 1:25 000.

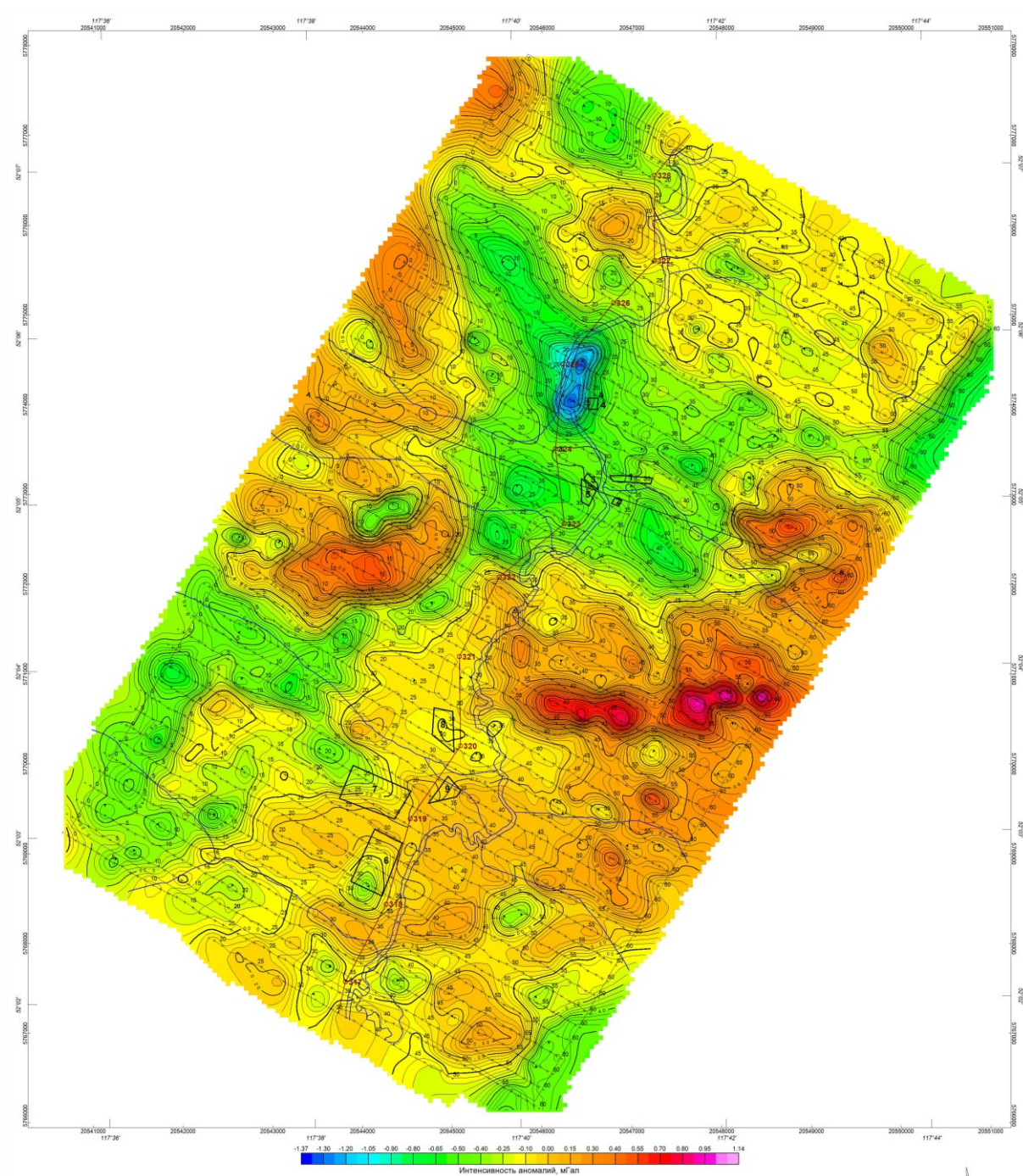


Рисунок 12 – Карта локальных аномалий силы тяжести (окно = 1800 м). Масштаб 1:25 000.



По результатам детализационных геофизических работ на участке площадью 0,64 км<sup>2</sup> построена детальная карта аномалий силы тяжести с сечением изолиний, равным 0,1 мГал (рис. 13).

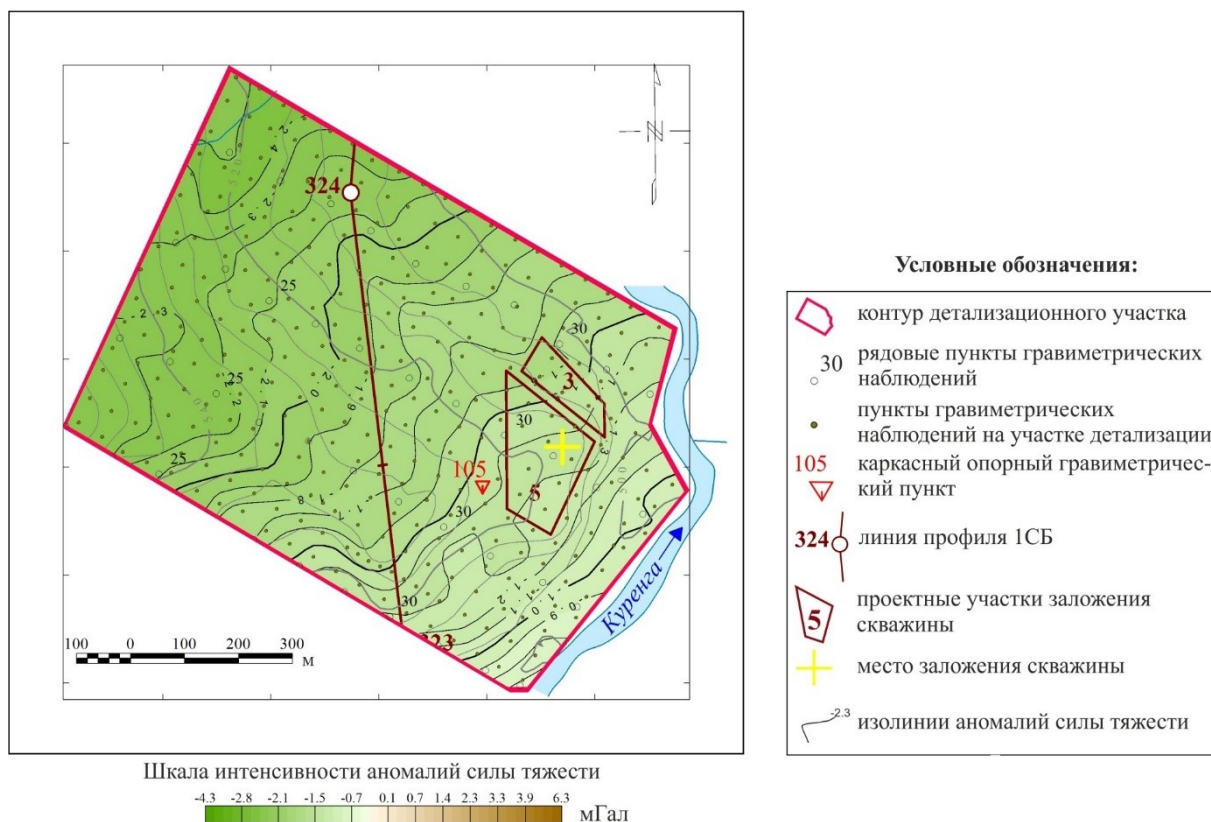


Рисунок 13 – Карта аномалий силы тяжести в редукции Буге (2.67 г/см<sup>3</sup>), условный уровень, участок детализации. Масштаб 1:10 000.

### 3.2 Сопутствующие топографо-геодезические работы

Топографо-геодезические работы проводились для выноса в натуру пунктов геофизических наблюдений и планово-высотной привязки пунктов гравиметрических наблюдений. Работы выполнены в Государственной системе координат (Пулково-42, эллипсоид Красовского, Балтийская система высот).

Техническим руководством при производстве работ являлись:

- Инструкция по топографо-геодезическому и навигационному обеспечению геологоразведочных работ, 1997 г.;
- Инструкция по гравиразведке, 1980 г.

С целью создания геодезической основы для проведения топографо-геодезических работ на Сретенском участке была выполнена увязка полевых базовых GPS-станций с пунктами Государственной геодезической сети. Для этого были проведены наблюдения на пунктах ГГС Сивачи, Юлка, Пономаревка, Бусылей и



Аркинские Столбы, находящихся как в пределах участка работ, так и в непосредственной близости от него.

Разбивка профилей по сети 200x100 м заключалась в прокладывании линий проектных профилей с помощью GPS, выборе подходящего для гравиметрического пункта участка (площадки) и маркировки его на местности. Использовались серийные GPS-навигаторы производства фирмы Garmin.

Определение координат и высот гравиметрических пунктов осуществлялось при пешем передвижении с использованием автотранспорта повышенной проходимости для подъезда к профилям. Плано-высотная привязка пунктов гравиметрических наблюдений осуществлялась в процессе проведения гравиметрических рейсов. Контроль измерений рядовой сети составил 5%.

Погрешность определения координат и высот вычислялась по формулам:

$$m_{xy} = \pm \sqrt{\frac{\sum(\Delta x^2 + \Delta y^2)}{2n}}, \quad m_H = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta H^2}{2n}},$$

где  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta H$  – разности первичного и контрольного определений,  $n$  – количество контрольных пунктов.

СКП определения высот гравиметрических пунктов составила  $\pm 0,05$  м ( $\pm 0,05$  м по ТЗ), СКП планового положения –  $\pm 0,14$  м ( $\pm 0,15$  м по ТЗ).

Полевой геодезический двухчастотный GPS-комплекс состоял из трех спутниковых приемников Trimble R7: базовая станция и 1-2 ровера, работающие в кинематическом режиме с постобработкой. Интервал наблюдений на роверах – 1-2 секунды, время наблюдения составляло от 2-х до 10-ти минут (в зависимости от залесенности).

Базовая GPS-станция располагалась в пределах площади участка работ рядом с полевым лагерем. Режим работы станции – статический, дискретность записи спутниковых данных – 1-2 сек.

При проведении съемки в густо залесенных участках применялась спутниковая геодезическая GNSS система для работы в режиме RTK, состоящая из приемника Trimble R7 с подключенным к нему радиомодемом (база) и приемника Trimble R10 с встроенным радиомодемом (рис. 14).



Рисунок 14 – Приемник Trimble R10, работающий в режиме RTK.

Благодаря новым технологиям HD-GNSS™ и xFill™ приемник Trimble R10 позволяет в сложных условиях приема сигнала проводить измерения быстрее и за меньшее время. База выставлялась на максимальной высоте относительно окружающего рельефа местности. Всего было выставлено 5 дополнительных базовых станций. Все базовые станции увязаны между собой. Время увязки составляло 40 – 60 минут.

Рабочие и физические характеристики спутниковых приёмников, применявшихся для полевых измерений, представлены в приложении 1.

### ***3.3 Выбор плотности промежуточного слоя***

Важным элементом достоверной интерпретации гравитационного поля является использование гравиметрической карты в редукции Буге с плотностью промежуточного слоя, близкой к реальной. На основании анализа и обобщения имеющихся данных о физических свойствах пород было выбрано значение средней плотности промежуточного слоя  $\sigma = 2,67 \text{ г/см}^3$ . Значения суммарной поправки за

рельеф ( $R=200$  км) на участке исследований при плотности промежуточного слоя  $\sigma = 2.67 \text{ г/см}^3$  изменяются в пределах от 0,83 до 5,06 мГал при средних значениях 1,86 мГал.

По данным контроля (при изменении координат узлов матрицы ЦМР) среднеквадратическая погрешность определения поправки за рельеф в радиусе 0-200 км составила  $\pm 0,03$  мГал. Оценка погрешности вычисления топопоправок при использовании цифровой модели рельефа по материалам SRTM по сравнению с данными инструментальных измерений характеризуется величиной  $\pm 0,038$  мГал (Бычков, 2015). Для расчета СКП аномальных значений силы тяжести в редукции Буге было взято более грубое значение, так как для района с горным рельефом неучтенное влияние его локальных форм (из-за недостаточной детальности ЦМР) может достигать значительных величин.

### ***3.4 Вычисление поправок за влияние рельефа местности***

Камеральные работы по вычислению поправок за рельеф включали в себя:

- подготовку цифровых моделей рельефа (ЦМР) на ближнюю (до 1 км) и дальнюю (до 200 км) области;
- вычисление поправок за рельеф местности для 3679 гравиметрических пунктов;
- оценку погрешности вычисления поправок за рельеф местности по результатам повторных вычислений при различном расположении узлов ЦМР (Инструкция по гравиразведке, п. 102).

Расчет поправок за рельеф местности осуществлялся с использованием программного модуля «Terrain Correction» («Geosoft»).

Вычисление топографических поправок делится на два этапа. На первом этапе создается региональный грид поправок за рельеф (за дальнюю зону). На втором происходит вычисление полной поправки за рельеф как суммы локальных и региональных топографических поправок. При расчете полной поправки за рельеф в каждом пункте наблюдений программа извлекает интерполируемое значение в мГал из регионального грида топографических поправок и прибавляет локальное исправление, рассчитанное от локальной ЦМР.

Поправки за рельеф рассчитаны с использованием комбинации методов, описанных Nagy (1966) и Kane (1962). При вычислении локальных топографических поправок (за центральную и ближнюю зоны) происходит выбор значений высот из

локальной ЦМР, центрированной относительно пункта гравиметрических наблюдений, для которого рассчитывается поправка. При расчете ЦМР делится на зоны в зависимости от вклада в суммарную топографическую поправку.

В зоне 0 (в пределах одной ячейки от пункта наблюдений) алгоритм суммирует эффекты четырех наклонных треугольных сегментов, которые описывают поверхность между пунктом гравиметрических наблюдений и превышением в каждом углу диагонали. В промежуточной зоне (от 1 до 16 ячеек) эффект ландшафта, аппроксимируемого как поверхность квадратной призмы, рассчитан для каждой ячейки матрицы (Nagy, 1966). В дальней зоне (большей, чем 16 ячеек) эффект ландшафта основан на аппроксимации кольцевым сегментом квадратной призмы (Kane, 1962).

Для расчета топографических поправок были подготовлены цифровые модели рельефа (ЦМР):

- 1) Для вычислений в центральной и ближней зонах в радиусе до 1 км – локальный грид рельефа с шагом 25 м (рис. 15). Локальный грид был рассчитан как сводная ЦМР по результатам инструментальных измерений рельефа местности, полученных при выполнении полевых работ 2016 года и матрицы SRTM1 (радарной интерферометрической съемки поверхности земного шара с разрешением 1 угловая секунда ~ 25 м).
- 2) Для вычисления регионального грида топографических поправок в радиусе 200 км – региональная ЦМР с шагом 25 м. Региональная ЦМР была создана на основе матрицы SRTM1.

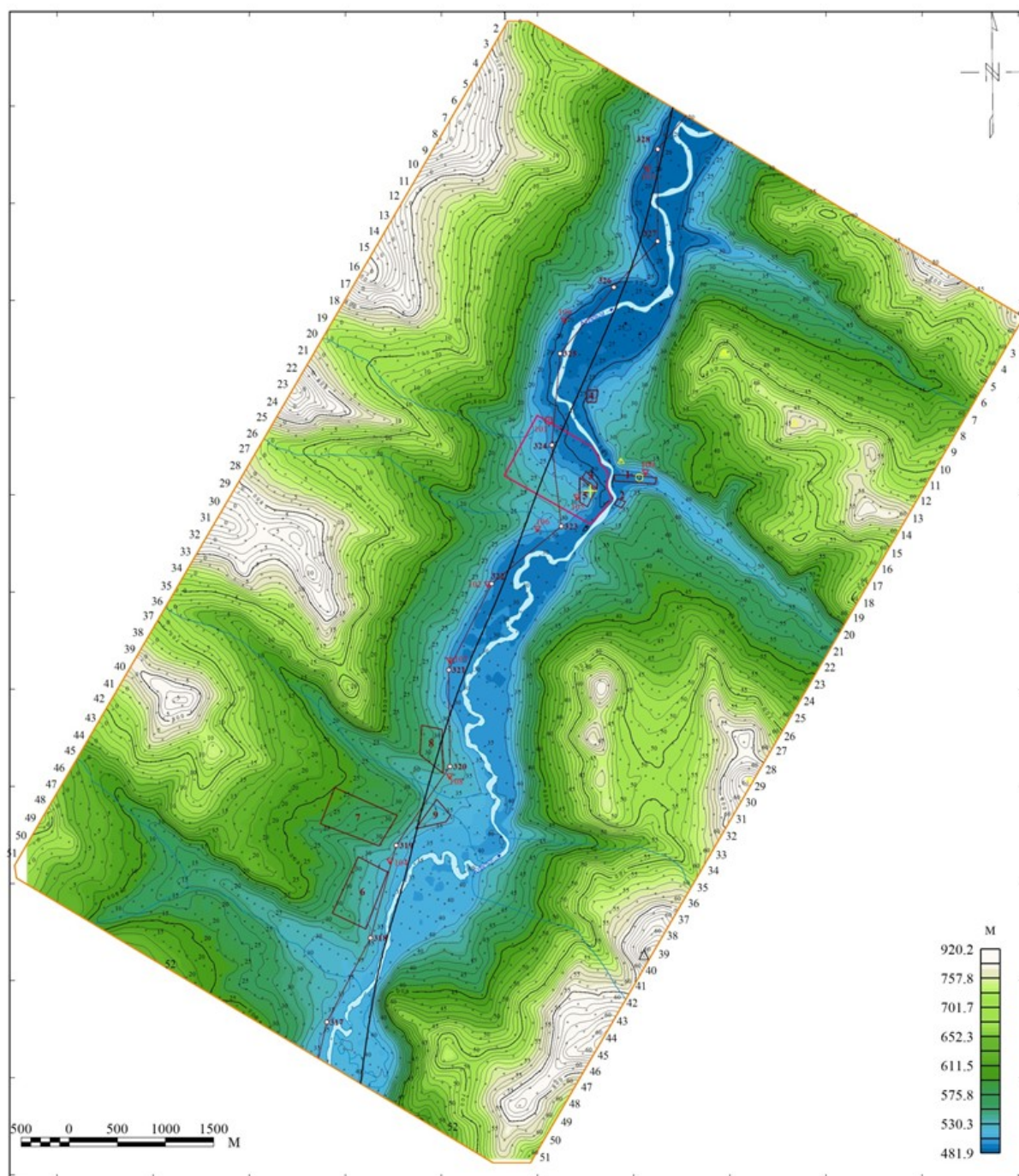


Рисунок 15 – Схема рельефа местности, построенная на основе ЦМР. Масштаб 1:50 000.

### **3.5 Магнитометрическая съемка**

#### **3.5.1 Методика и техника работ**

Высокоточная магнитометрическая съемка проведена в площадном варианте по однократной методике по предварительно подготовленной сети, совмещенной с сетью гравиметрических наблюдений. Измерения проводились серийными магнитометрами GEM GSM-19T (рис. 16) в соответствии с техническим руководством



к приборам и «Инструкцией по магниторазведке» (1981). Съемка выполнена гравиметрической партией ФГБУ «ВСЕГЕИ» в период с июля по сентябрь 2016 года.



Рисунок 16 – Магнитометр GEM GSM-19T.

Основные технические параметры магнитометров GEM GSM-19T:

- чувствительность:  $<0,1$  нТл;
- разрешение:  $0,01$  нТл (гамма);
- точность:  $1$  нТл ( $\pm 0,5$  нТл) во всем рабочем диапазоне;
- диапазон: от  $20000$  до  $120000$  нТл;
- допустимое значение градиента: более  $7000$  нТл/м;
- рабочие диапазоны температуры: от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ ;
- встроенный обогреватель для работы при температуре ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ ;
- дисплей: жидкокристаллический:  $240 \times 64$  пикселей, или  $8 \times 30$  символов;
- измеряемые параметры: абсолютная амплитуда полного поля;
- сохранение данных в автоматическом режиме: время, координаты, напряженность магнитного поля, наклон, напряженность электромагнитного поля, частота, вертикальная и горизонтальная синфазная и квадратурная составляющие для каждого выбранного пункта наблюдения.

Для проверки технического состояния приборов в начале и в конце рабочего дня производилась серия замеров на контрольном пункте (КП). КП располагался в относительно спокойном магнитном поле рядом с базовым лагерем, на удалении достаточном, чтобы не сказывались электромагнитные помехи от электрогенераторов и транспорта.

Рядовая магнитная съемка выполнена в масштабе 1:10 000 по профилям гравиметрической сети с шагом 50 м на площади 60 км<sup>2</sup> пешим ходом с использованием автотранспорта повышенной проходимости для подъезда к профилям. Методика измерений – однократная. Контрольные измерения осуществлялись в другой день или другим прибором. Объем контрольных измерений составил 5% от общего количества. Объем измерений составил 6480 пунктов физических наблюдений.

Оценка погрешности производилась по формуле:

$$\delta = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}}{2(n-1)} \times 100\% ,$$

где  $\Delta_i$  – разность между рядовым и контрольным измерением, n – количество измерений.

СКП рядовой съемки в слабо градиентном поле составила 5 нТл (при 5 нТл по ТЗ) и 10 нТл (при 10 нТл по ТЗ) – в поле с большим градиентом (более 50 нТл).

Детализационная магнитная съемка выполнена в масштабе 1:5 000 по профилям детализационной гравиметрической съемки по сети 50x25 м на участке предполагаемого заложения скважины на площади 0,64 км<sup>2</sup> пешим ходом. Объем измерений с учетом контроля составил 589 пунктов физических наблюдений.

Для увязки с предшествующими магнитометрическими съёмками и увеличения глубины построения геолого-геофизических разрезов вдоль профиля 1-СБ (одновременно с гравиметрическими измерениями) выполнены наблюдения на увязочных профилях. Съёмка проведена на автомобилях повышенной проходимости. Длина каждого профиля – 10 км, шаг магнитометрических наблюдений – 500 м. Объем измерений на увязочных профилях с учетом контроля (5%) составил 46 пунктов физических наблюдений.

Общий объем магнитометрических измерений составил 7115 пунктов физических наблюдений.

В течении всего периода магниторазведочных работ производилось наблюдение магнитных вариаций. Магнитовариационная станция (МВС) была установлена недалеко от КП в свободном от магнитных помех месте в области достаточно однородного слабомagnetного поля. Удаленность МВС от дальних профилей не превышала 10 км. В качестве МВС был использован серийный протонный магнитометр GEM GSM-19T.



Вариации записывались в автоматическом режиме с дискретностью одно измерение в 3 с. Синхронизация часов маршрутных приборов и вариационной станции производилась по сигналам внутренних встроенных GPS-приёмников.

Первичная камеральная обработка результатов магнитометрической съёмки проводилась в соответствии с инструктивными требованиями и включала в себя ввод и компьютерную обработку данных первичных магнитометрических наблюдений, компьютерную обработку данных МВС и введение поправок за вариации, вычисление  $\Delta T_a$ , построение первичных графиков по профилям и карт  $\Delta T_a$ , расчет СКП.

Схема обработки первичных магнитометрических наблюдений была следующей:

- ввод суточных вариаций магнитного поля;
- учет нормального магнитного поля Земли путем вычитания из наблюдаемых значений  $\Delta T$  среднего значения вариаций;
- построение графиков  $\Delta T_a$ .

Значения аномального магнитного поля рассчитаны в условном уровне. Уровень съёмки принят таким, чтобы средние значения аномалий  $\Delta T_a$  на участке работ равнялось нулю. Обработка выполнена с применением программ MS Excel, Geosoft.

### *3.5.2 Результаты работ*

В ходе написания магистерской диссертации были построены следующие карты аномального магнитного поля  $\Delta T_a$  и его трансформант:

- карта аномального магнитного поля, масштаб 1:50 000 (рис. 17);
- карта региональных аномалий магнитного поля (пересчет вверх на 500 м), масштаб 1:25 000 (рис.18);
- карта полного градиента аномального магнитного поля, масштаб 1:25 000 (рис. 19);
- карта аномального магнитного поля, участок детализации, масштаб 1:10 000 (рис. 20).

Карта аномального магнитного поля (рис. 17) построена на основе каталога магнитометрических наблюдений. Изодинамы магнитного поля проводились путем линейной интерполяции с последующим сглаживанием в пределах одной среднеквадратической погрешности определения аномалий. Минимальное сечение изодинам составило 25 нТл. В областях аномально высокого градиента  $\Delta T_a$  использована разрядка изолиний и сечение изодинам составило 50 и 100 нТл, соответственно.

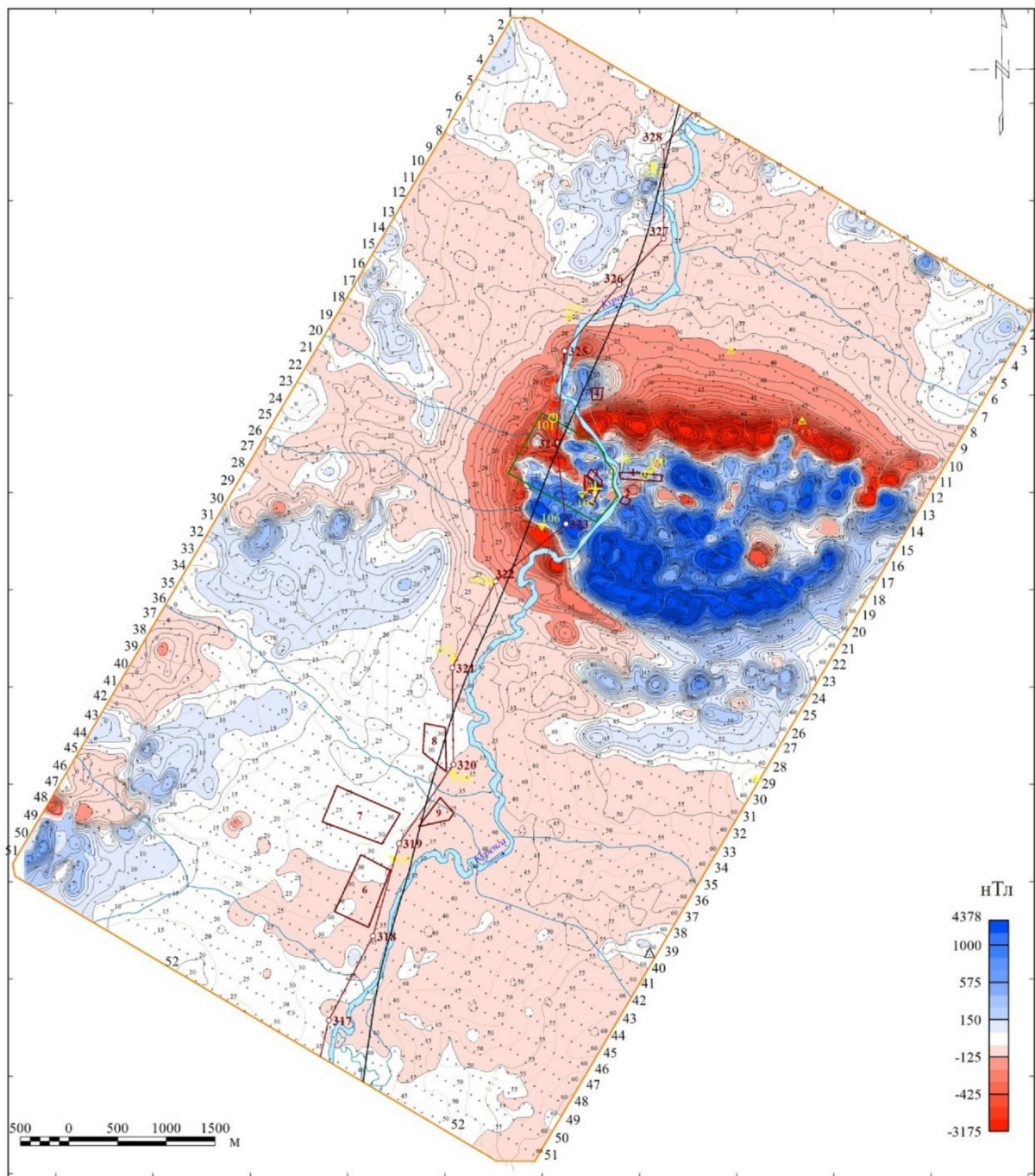


Рисунок 17 – Карта аномального магнитного поля. Масштаб 1:50 000.

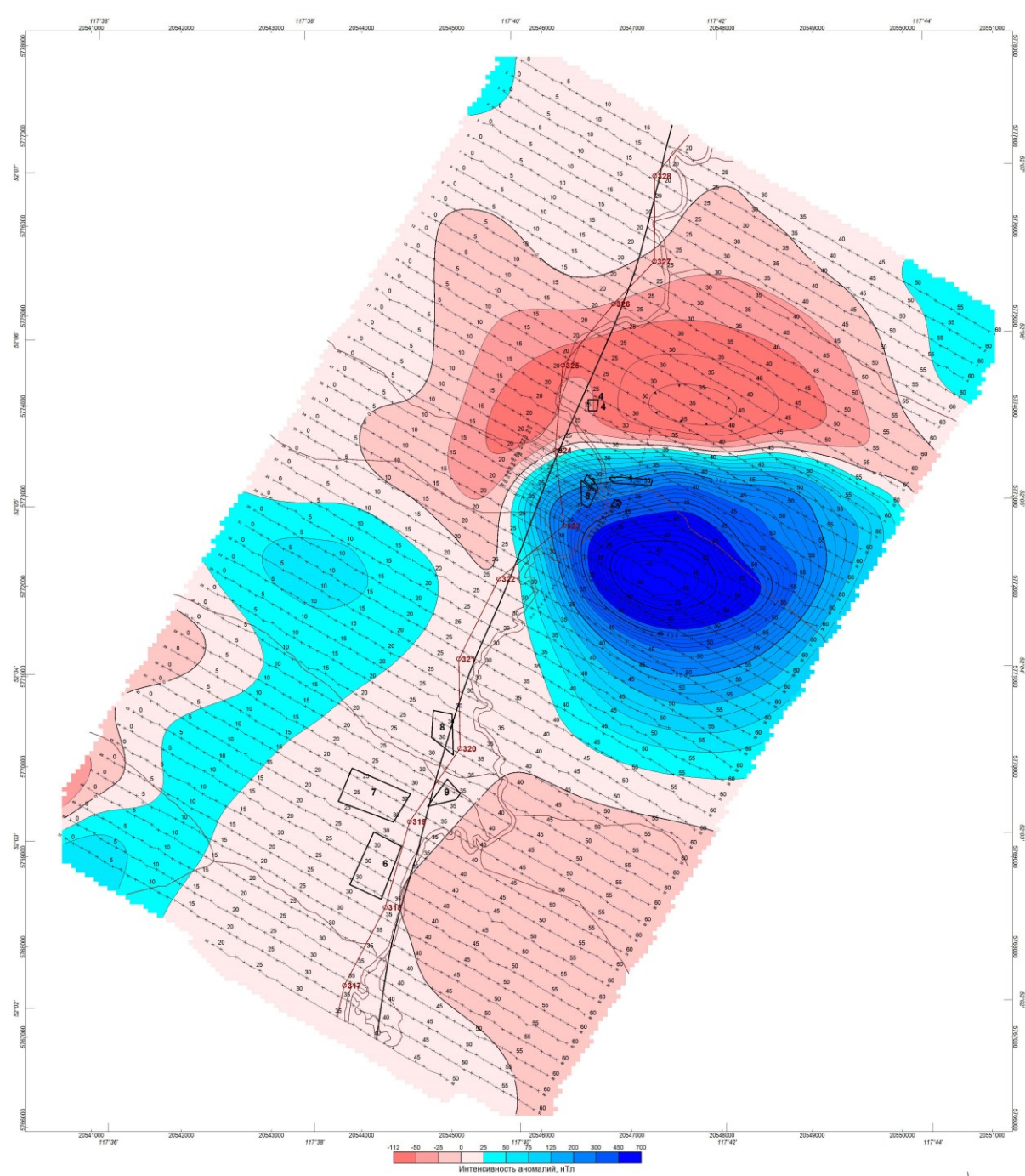


Рисунок 18 – Карта региональных аномалий магнитного поля (пересчет вверх на 500 м). Масштаб 1:25 000.



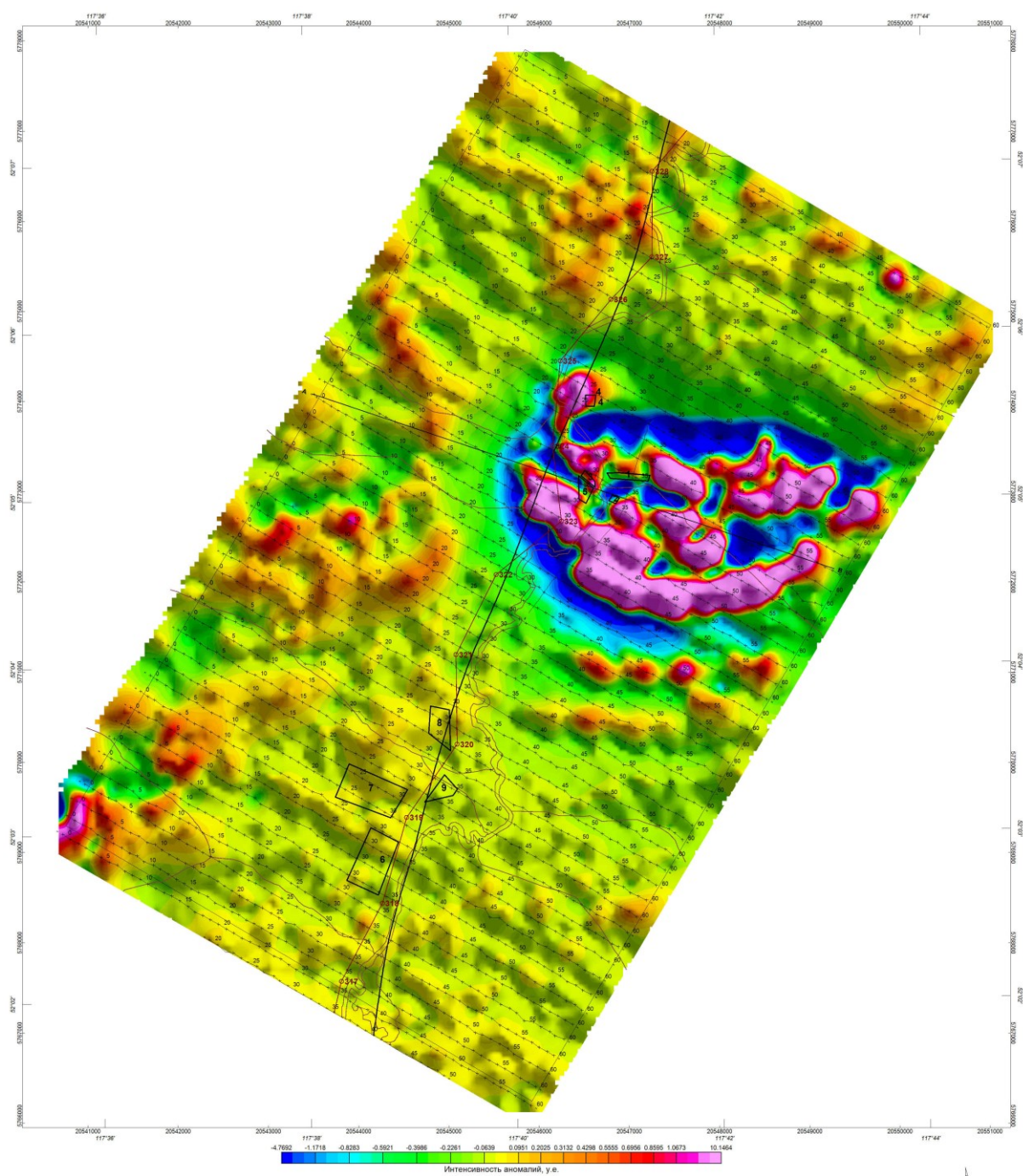


Рисунок 19 – Карта полного горизонтального градиента аномального магнитного поля. Масштаб 1:25 000.

По результатам детализационных геофизических работ на участке площадью 0,64 км<sup>2</sup> построена детальная карта аномального магнитного поля с сечением изолиний 25 нТл (рис. 20).

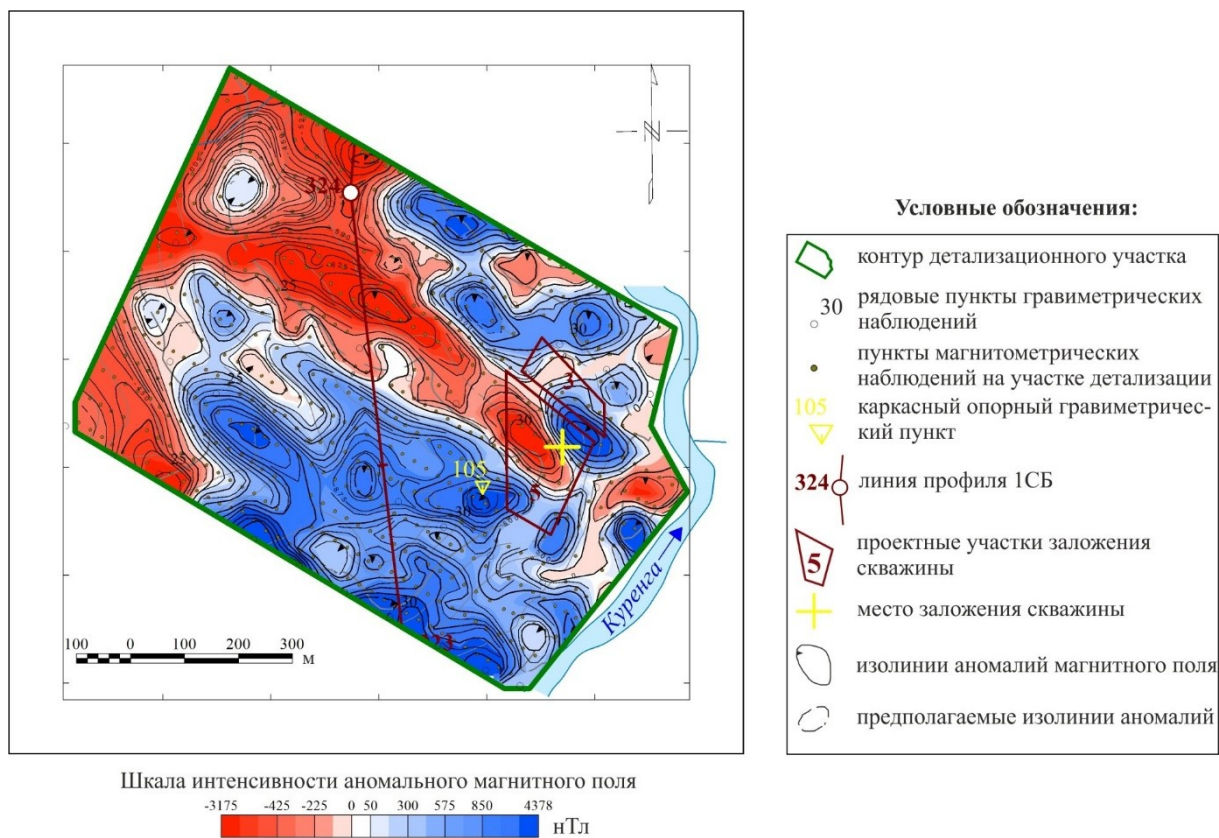


Рисунок 20 – Карта аномального магнитного поля, участок детализации. Масштаб 1:10 000.

## 4 ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 4.1 Характеристика потенциальных полей

В региональном плане участок геофизических исследований находится в градиентной зоне перехода от положительной аномалии  $\Delta g$  на востоке к отрицательной аномалии на северо-северо-западе. Эпицентры региональных аномалий расположены за пределами участка: минимум в 22 км к северу от г. Сретенск, максимум – в 15 км к юго-востоку (слияние ручьёв Берея и Бусилей) (Духовский, 1998). Отрицательная региональная аномалия ассоциируется с областью развития гранитоидов, положительная – с массивом метаморфических пород повышенной основности.

Поле силы тяжести на площади участка геофизических исследований (рис. 10) представляет собой суммарный эффект от региональных (рис. 11) и локальных (рис. 12) плотностных неоднородностей и, тем самым, отражает сложное геологическое строение области сочленения Борщовочно-Агинского и Газимурского геоблоков. Для него характерны: наибольшее значение горизонтальных градиентов в меридиональном и юго-восточном направлениях, осложнённая изгибами конфигурация изолиний, наличие локальных максимумов и минимумов  $\Delta g$ . В направлении юго-запад – северо-северо-восток чётко выделяется ряд градиентных ступеней  $\Delta g$ , связанных, по-видимому, с тектоническими процессами, происходящими в пределах Монголо-Охотской складчатой системы.

Аномалии силы тяжести на участке характеризуются диапазоном значений от  $-4.30$  мГал на северо-западе до  $+6.30$  мГал на востоке (рис. 10).

Аномалии магнитного поля на территории участка работ характеризуются значениями от  $-3175$  до  $4378$  нТл (рис. 17). Наибольшим разбросом значений  $\Delta T_a$  отмечается эллипсовидная аномалия с площадными размерами  $1900 \times 4000$  м, расположенная в центре участка исследований (рис. 17). Данная аномалия имеет как положительную, так и довольно значительную отрицательную часть, что указывает на ограничение возмущающего тела по глубине. Асимметрия минимумов при допущении современного направления вектора намагниченности позволяет предположить падение северной и южной границ возмущающего тела в южных румбах. Интенсивно намагниченное тело, ограниченное на глубину, ассоциируется с ургунинским серпентинитовым комплексом. На остальной территории участка аномальное магнитное поле в целом слабоградиентное, с фоновыми значениями в диапазоне  $\pm 10 \times 10^3$  нТл.

нТл, осложненное рядом положительных аномалий с амплитудами до 400 нТл, предположительно связанных с метаморфическими породами повышенной основности.

#### 4.2 Уточнение положения устья скважины по геолого-геофизическим данным

По результатам проведенных детальных геолого-геофизических работ для участка составлена схематическая геологическая карта (рис. 21). В ее основу положены материалы съемки масштаба 1:50 000, данные опубликованных карт первого и второго поколений масштаба 1:200 000 (Шенфиль, Чацкис, 1970; Козлов и др., 2001), карты третьего поколения масштаба 1:1 000 000 (Государственная геологическая карта..., 2010).

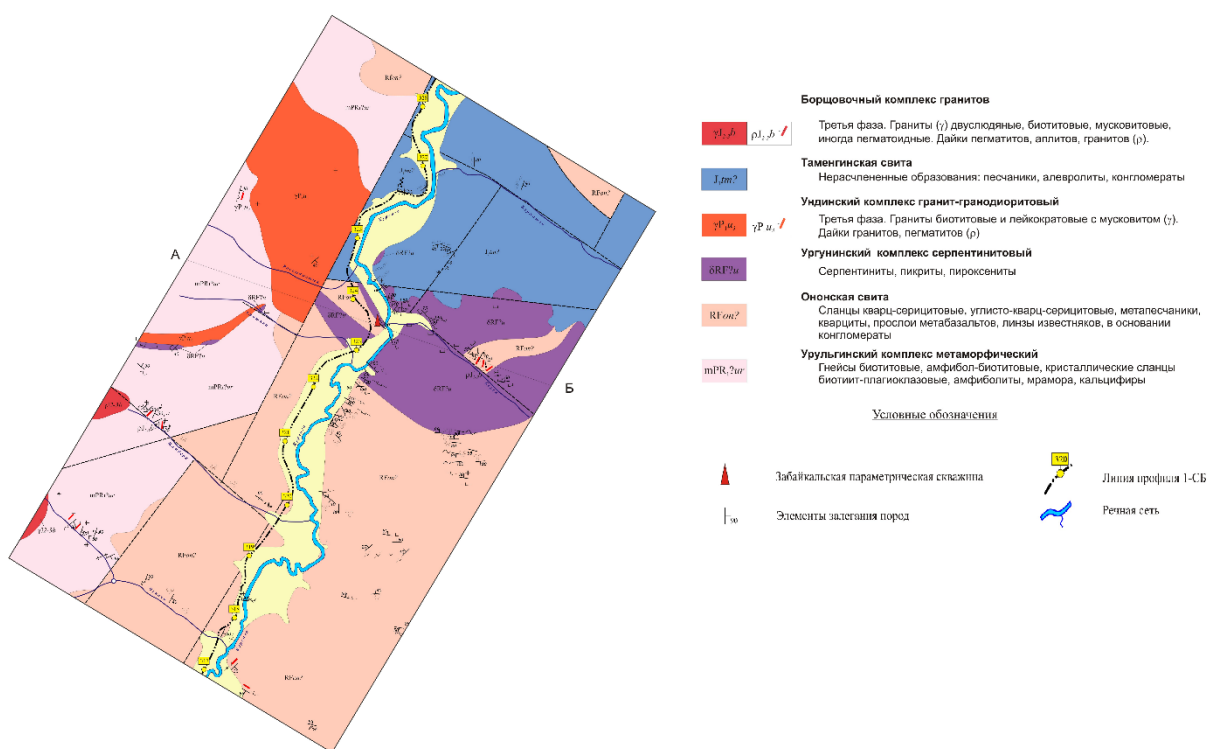


Рисунок 21 — Схематическая геологическая карта участка работ масштаба 1:25 000 (Результаты опережающих..., 2016).

Анализ геолого-геофизических данных позволяет получить представление о структуре участка и уточнить предпочтительное место заложения ЗПС. Участок делится системой разломов северо-восточного простирания на две примерно равные части, имеющие разную ориентировку простирания основных структурных элементов. В юго-восточной части участка преобладают субширотные ориентировки простирания напластований и сланцеватости пород ононской свиты. Этому же направлению подчинена юго-восточная граница серпентинитов уругунинского комплекса, которая к западу дугообразно изгибается и приобретает северо-западное простирание.



Внутренняя структура массива серпентинитов хорошо проявляется на картах магнитного поля (рис. 17, 18, 19). В его пределах фиксируются дугообразные протяженные аномалии, осложненные локальными максимумами, которые, вероятно, свидетельствуют о расслоенном строении массива. Структура области распространения таменгинской свиты (рис. 21) неясна в связи со слабой контрастностью физических полей и недостаточностью маршрутных наблюдений. Граница между ургунинским комплексом серпентинитов и юрскими отложениями имеет тектонический характер. Остается также невыясненной природа магнитных аномалий к северо-западу от поля развития серпентинитов, где имеет место интенсивная положительная аномалия округлой формы диаметром около 500 м (рис. 17). С обширной положительной магнитной аномалией, связанной с полем развития серпентинитов, она соединяется узкой положительной линейной аномалией меридионального простираения (прослежена по 3 профилям). Можно предположить, что здесь имеет место тектонический клин и эрозионное окно в отложениях таменгинской свиты, однако это маловероятно. Для выяснения природы аномалии требуются дополнительные исследования.

Структура западной половины участка (левобережье реки Куренги) подчинена влиянию юго-восточного края Борщовочного массива. В этой части распространены кристаллические сланцы урульгинского метаморфического комплекса, которые имеют преимущественно северо-восточное простираение сланцеватости и падение на юго-восток. Такую же ориентировку имеют осевые плоскости изоклинальных складок сланцев, гнейсовидность и пластовая отдельность гранитов в приконтактной части Борщовочного массива. Угол падения составляет  $40-45^\circ$ . С учетом удаленности от края Борщовочного массива в районе пикета 320 км профиля 1-СБ его кровля может быть достигнута на глубине 3,0-3,5 км (см. рис. 4), что хорошо согласуется с сейсмическими данными, полученными в ходе переобработки материалов по опорному профилю 1-СБ (Результаты опережающих..., 2016). На этом уровне располагается нижний отражающий интервал, соответствующий, по-видимому, кровле гранито-гнейсового купола, осложненного разломными зонами. Верхний отражающий интервал, наблюдаемый на глубине 1,5-2,0 км, соответствует зоне разлома, разделяющей ононскую свиту и урульгинский комплекс (Результаты опережающих..., 2016).

Совместный анализ имеющихся геолого-геофизических данных показывает, что предпочтительные точки размещения ЗПС располагаются в интервале пикетов 320-330 км (см. рис. 4), где могут быть вскрыты два сейсмических отражающих интервала до глубины 4000 м и, соответственно, изучена их природа. С учетом возможной погрешности определения глубин на сейсмическом профиле, расположение скважины у

южного края выбранного интервала может привести к тому, что нижняя отражающая зона не будет вскрыта. Верхний отражающий интервал, связанный с тектоническим контактом ононской свиты и урульгинского комплекса, менее информативен с геологической точки зрения. Учитывая вышеизложенное, а также данные детальных магнитометрической и гравиметрической съемок, предложено разместить скважину в точке, расположенной между пикетами 323 и 324 км. Географические координаты устья: 52°05'04" с. ш., 117°40'45" в. д.

Выбор положения устья Забайкальской параметрической скважины определяется следующими факторами:

- наличие отражающих геофизических границ;
- относительно хорошая сохранность главных комплексов геологических образований региона вследствие их сравнительно невысокой степени дислоцированности;
- наименьший риск надолго «забуриться» в широко развитые гранитоидные комплексы региона.

Анализ результатов детальных геофизических работ показывает, что данные, полученные летом 2016 года, хорошо согласуются с данными предшественников. Стоит отметить, что гравиметрические и магнитометрические наблюдения помогли разобраться в сложном строении участка и выбрать местоположение устья скважины с наименьшим риском надолго «забуриться» в гранитоиды.

#### ***4.3 Проектный разрез Забайкальской параметрической скважины***

Проектный геологический разрез ЗПС до глубины 4000 м построен на основе комплекса геолого-геофизических материалов. В их числе материалы ГГК масштабов 1:200 000 лист N-50-XXXIV (Козлов и др., 2001) и 1:1 000 000 лист N-50, М-50 (Государственная геологическая карта ..., 2010), результаты переобработки материалов геофизических наблюдений по Забайкальскому фрагменту профиля 1-СБ (Результаты опережающих..., 2016), результаты детальных гравиметрической и магнитометрической съемок, результаты маршрутных геологических наблюдений. Проектный геологический разрез скважины представлен на рисунке 22.

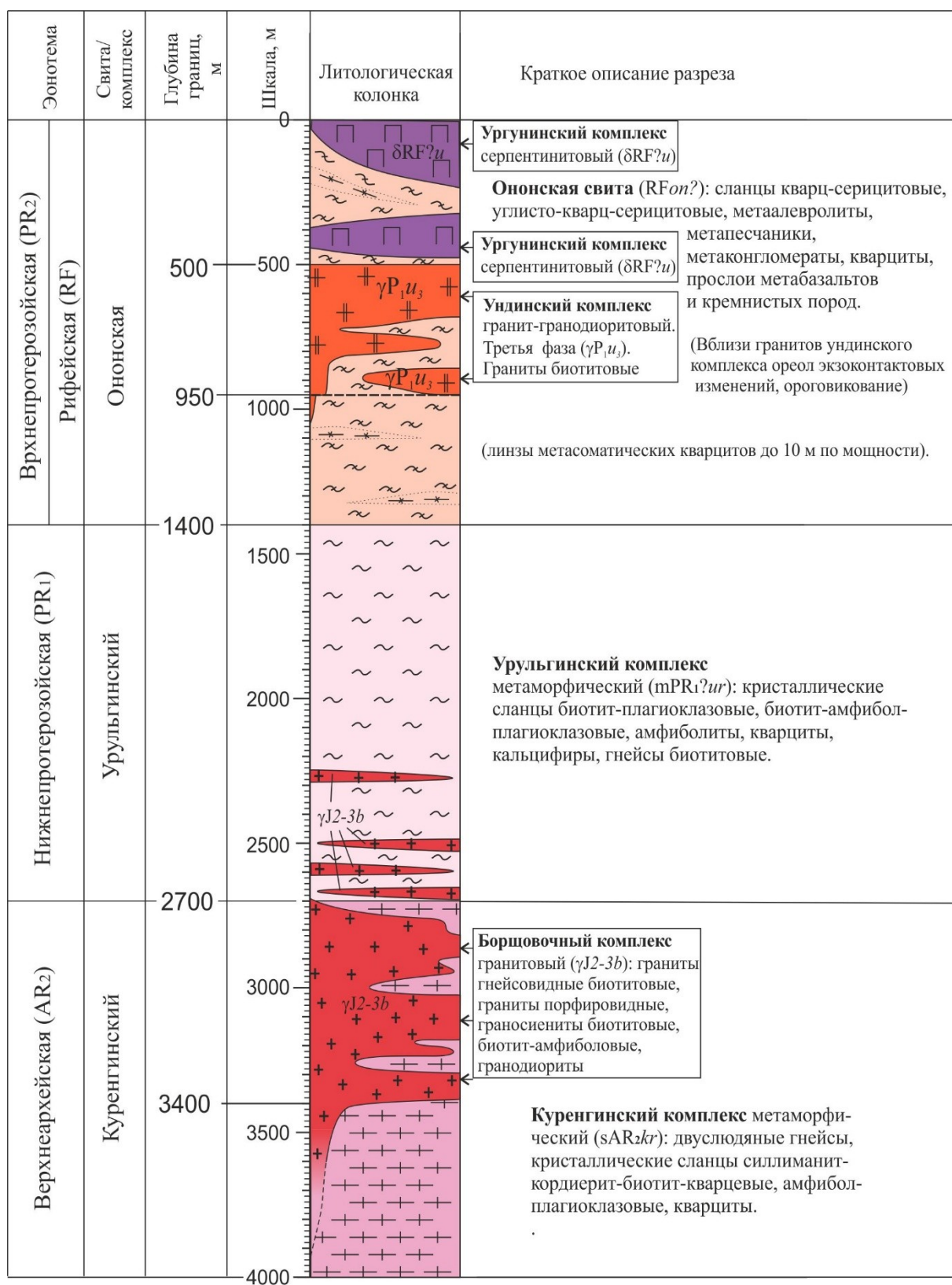


Рисунок 22 – Проектный геологический разрез Забайкальской параметрической скважины (Результаты опережающих..., 2016).

Проходка Забайкальской параметрической скважины на выбранном участке позволит:

- получить комплексную геологическую (геохимическую, петрологическую, изотопно-геохимическую, изотопно-геохронологическую) характеристика складчатого основания юго-восточного Забайкалья в Борщовочном блоке;
- получить параметрические характеристики складчатого основания юго-восточного Забайкалья в Борщовочном блоке;
- получить глубинную характеристику важного в металлогеническом отношении Сретенского олово-медно-золоторудного узла;
- установить геологическую природу основных отражающих сейсмических границ в разрезе земной коры в районе Забайкальской ПС;
- создать комплект детальных геофизических разрезов масштаба 1:200 000 с детализацией ближайшего околоскважинного пространства в масштабе 1:100 000 – 1:50 000 до глубины 6-8 км по материалам обработки и интерпретации данных МОВ-ОГТ и КМПВ, детальных площадных гравиметрических и магнитометрических наблюдений в районе скважины с учетом данных бурения;
- создать геолого-геофизическую модель верхней части земной коры (6-8 км) Борщовочного блока в районе проходки Забайкальской ПС;
- актуализировать геолого-геофизическую модель земной коры и верхней мантии (масштаб 1:1 000 000) Аргунского геоблока;
- разработать рекомендации по повышению геологической информативности геофизических данных по опорным профилям.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе бакалаврской работы была изучена геологическая ситуация в районе проведения работ, освоены методики проведения полевой гравиметрической и магнитометрической съемок, изучены аппаратурно-методические комплексы и программы, используемые для обработки и интерпретации геофизических данных.

Использование геолого-геофизических данных, полученных в ходе полевых работ сезона 2016 года, позволило уточнить геологическое строение участка предполагаемого местоположения Забайкальской параметрической скважины и дать рекомендации по месту заложения ее устья.

Полученные результаты позволяют убедиться в том, что детальные гравиметрические и магнитометрические наблюдения являются важным комплексом при изучении строения земной коры.

Геологическая информация, полученная в процессе бурения параметрической скважины, позволит согласовать геолого-геофизические модели, полученные в результате интерпретации результатов гравиметрии и магнитометрии, с реальными геологическими данными.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бычков С.Г. Вычисление аномалий силы тяжести при высокоточных гравиметрических съемках / С.Г. Бычков, А.С. Долгаль, А.А. Симанов; УрО РАН. Пермь, 2015. – 142 с.
2. Веселов К.Е. и др. (ред). Инструкция по гравirazведке. М: Недра, 1980. – 89 с.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Лист N-50 (Сретенск): Объяснительная записка. – СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2010<sup>1</sup>. – 377 с.
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Лист М-50 (Борзя): Объяснительная записка. – СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, Старченко В. В., 2010<sup>2</sup>. – 419 с.
5. Гусев Г.С. Геохимия и условия образования офиолитов Восточного Забайкалья /Гусев Г.С., Песков А.И. //Геохимия. – 1996. – № 8. – С. 723-737.
6. Духовский А.А. Сейсмические и гравитационные образы ведущих рудных районов и полей юго-восточного Приаргунья (Восточное Забайкалье, Россия) /Духовский А.А., Амантов В.А., Артамонова Н.А., Панфильцев Д.Н., Ступак В.М. //Геология рудных месторождений. – 1998. – Т. 40, № 2. – С. 99-113.
7. Ефимов А. Н., Тетяева Т. М. К стратиграфии протерозоя и нижнего кембрия Забайкалья // Вопросы геологии Прибайкалья и Забайкалья. Вып. 1 (3). – Чита: Забайкал. филиал ГО СССР, 1966. – С. 22-23.
8. Кашубин С. Н., Мильштейн Е. Д. и др. Государственная сеть опорных геолого-геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин – основа глубинного 3D картографирования территории РФ и ее континентального шельфа // Регион. геология и металлогения. 2016. № 67. – С. 43-48.
9. Козлов С. А. Государственная геологическая карта Российской Федерации и объяснительная записка. Серия Приаргунская. Лист N-50-XXXIV. Издание второе /ФГУГП «Читагеолсъемка», Козлов С.А. и др. – 2001.
10. Геологическое строение и полезные ископаемые листов N-50-XXVIII, XXIX, XXXIV: Отчет Жирекенской партии о результатах работ по ГДП-200 за 1994-2001 гг. /ФГУГП «Читагеолсъемка», Отв. исп. Козлов С.А., исполнители Зайков Е. А., Новченко С.А. и др. – Чита, 2002. – 677 с.
11. Милин Г.Ф., Сайфутдинов Р.А., Гребенкин Ю.Г. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые среднего течения рек Куренга и Удыча: Окончательный отчет

- по поисково-съёмочным работам масштаба 1:50 000 Куренгинской партии за 1970-73 гг. /ЧГУ, Чита, 1974. – 278 с.
12. Озерский А.Ф. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Приаргунская. Лист М-50-V: Объяснительная записка /Озерский А.Ф., Кривицкий А.В., Винниченко Е.Л. и др. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2001. – 95 с.
  13. Озерский А.Ф., Винниченко Е.Л., Потемкина Л.В. и др. Легенда Приаргунской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (второе издание). Объяснительная записка. ФГУ ЧТФГИ. 1995.
  14. Павлова и др. Усовершенствование схем расчленения и корреляции стратифицированных, магматических и метаморфических образований для опорной легенды Госгеолкарты-200 и составления тектонических карт Восточно-Забайкальского полигона. Т.1-4. ФГУ ЧТФГИ. 1994.
  15. Результаты опережающих геолого-геофизических работ по определению места заложения Забайкальской параметрической скважины: Годовой отчет ВСЕГЕИ. Кн.4. Отв. исп. Петров О.В., исполнители Крупеник В.А., Кошевой В.В. и др. – 2016. – 95 с.
  16. Рутштейн И. Г., Богач Г. И., Негода В. Геологическое строение и полезные ископаемые листов М-50-III, IV, IX, X: Отчет Ундинской и Тургинской партий по ГДП 200 за 1992-2000 гг. /ГГУП «Читагеолсъёмка», М. и др. – Чита, 2000. – 923 с.
  17. Рутштейн И.Г. Геологическая карта Российской Федерации с объяснительной запиской. Издание второе. Серия Приаргунская. Лист М-50-IV (Шелопугино) /Рутштейн И.Г., Богач Г.И. и др. – С-Пб.: ГГУП «Читагеолсъёмка», 2002.
  18. Смелянова З.С. (ред.), Селиванов В.С. (ред.) Инструкция по магниторазведке. М-во геологии СССР, Л. Недра, 1981. – 263 с.
  19. Шенфиль В.Ю., Чацкис И.Д. Геологическая карта СССР с объяснительной запиской. Серия Восточно-Забайкальская. Лист N-50-XXXIV. Читинское ГУ, 1970 г.
  20. Kane, M. F. A comprehensive system of terrain corrections using a digital computer. Geophysics, vol. 27(4), 1962, p. 455-462.
  21. Nagy, D. The gravitational attraction of a right rectangular prism. Geophysics, vol. 31(2), 1966, p. 362-371.



## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А. Технические, точностные и физические характеристики спутниковой геодезической аппаратуры.

Приемник	Trimble R7	Trimble R10
1	2	3
Слежение	<p>72 канала:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– GPS сигналы: L1 C/A код, L2C, полный цикл фазы несущих L1/L2/L5;</li> <li>– ГЛОНАСС сигналы: L1 C/A код, L1 P код, L2 P код, полный цикл фазы несущих L1/L2.</li> <li>– Поддержка 4 каналов SBAS систем</li> <li>– WAAS/EGNOS.</li> </ul>	<p>Современные СБИС Trimble Maxwell™ 6 Custom Survey с 440 каналами.</p> <p>Одновременно отслеживаемые сигналы от спутников:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– NAVSTAR GPS: L1C/A, L1C, L2C, L2E, L5</li> <li>– ГЛОНАСС: L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3</li> <li>– SBAS: L1C/A, L5 (Для спутников SBAS, которые поддерживают L5)</li> <li>– Galileo: E1, E5a, E5B</li> <li>– COMPASS: B1, B2, B3</li> <li>– OmniSTAR сервисы HP, XP, G2, VBS</li> <li>– QZSS, WAAS, MSAS, EGNOS, GAGAN</li> </ul>
Обработка сигналов	Усовершенствованный GNSS чип Trimble; Maxwell Custom Survey. Низкошумовая обработка C/A кода; Подавление переотражения	Измерения по фазе несущей с очень низким уровнем шума с точностью менее 1 мм в полосе шириной 1 Гц
Инициализация	Автоматическая, во время движения или статики	Автоматическая, во время движения или статики, режим RTK
Минимальное время инициализации	Обычно до 10 секунд	Обычно до 8 секунд
Статика / Быстрая Статика	В плане и по высоте – $\pm 5 \text{ мм} \pm 0.5\text{-}1 \text{ мм/км}$	СКП в плане $\pm 3,0 \text{ мм} + 0,5 \text{ мм/км}$ СКП по высоте $\pm 5,0 \text{ мм} + 0,5 \text{ мм/км}$
Наблюдения в режиме RTK (кинематика в реальном времени). Одиочная базисная линия до 30 км		СКП в плане: $\pm 8,0 \text{ мм} + 0,5 \text{ мм/км}$ СКП по высоте: $\pm 15,0 \text{ мм} + 0,5 \text{ мм/км}$